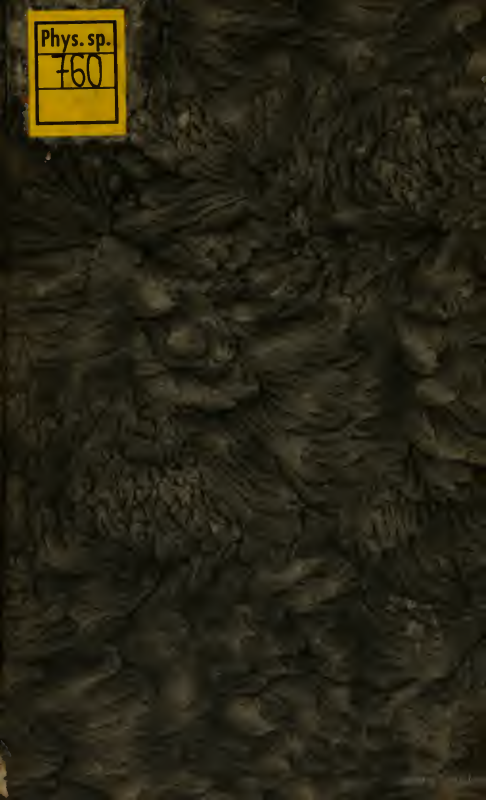

Phys. sp.
760


Ex
libris
Nath. Godofr.
Lesre





Ueber die

Elasticität des Wassers

theoretisch und historisch

entworfen

von

E. A. W. Zimmermann

Professor in Braunschweig.

J. W. Ritter.

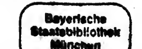
Zugleich eine Ankündigung einer neuen hiehergehörigen Maschine.

mit Kupfern.

Leipzig

in der Weygandschen Buchhandlung

1779.



Dem

Durchlauchtigsten Fürsten

und Herrn

C a r l

Regierenden Herzoge zu Braunschweig
und Lüneburg ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Meinem gnädigsten Herrn

unterthänigst gewidmet.

Durchlauchtigster Herzog
Gnädigster Fürst und Herr

Ewr. Hochfürstlichen Durchlaucht diese geringe Blätter unterthänigst zu widmen, wage ich blos deswegen, weil sie eine Erfindung bekannt machen, welche Höchstdenenselben nicht nur als Landesherrn, sondern auch als Beförderer zugehört. Ew. Durchlaucht haben den Erfinder gnädigst aufzumuntern gesucht, und fahren auch noch jetzt fort, ihm Höchstdero Gnade genießen zu lassen.

Ist es eine seltene Erscheinung, daß ein Landesherr Versuche und Erfindungen befördert, welche nicht geradezu dem Lande, oder Ihm selbst Nutzen bringen, so gereichet es Ewr. Hochfürstl. Durchlaucht zu desto grösserem Ruhme, sich auch bey dieser Gelegenheit der Wissenschaften, ohne weitere Rücksicht, an-

genommen zu haben. Dank und Liebe der Unterthanen erwartet mit Recht der beste Fürst, der Wohlthun über sein Land verbreitet; aber Beförderung der Wissenschaften, Allgemeinmachung wichtiger Kenntnisse, Aufmunterung des stillen Verdiensts, macht Ihn zum Gegenstand der Verehrung aller cultivirten Nationen.

Doppelt ist es mir daher Pflicht, einem so edlen Fürsten langfortdaurende glückliche Tage anzuwünschen, mir aber das Glück, Höchstdenenselben noch lange die Unterthänigkeit und tiefste Verehrung bezeugen zu dürfen, mit welcher ersterbe

Durchlauchtigster Herzog

Gnädigster Fürst und Herr

Ewr. Fürstlichen Durchlaucht

Braunschweig
d. 1 May 1779.

allerunterthänigster Knecht
E. A. W. Zimmermann,
Prof. am Carolino

Vorrede.

Da man die Nachrichten von den bisher größtentheils fruchtlos unternommenen Versuchen, das Wasser zusammen zu drücken, der Bekanntmachung nicht unwerth gehalten hat, so darf ich hoffen, daß die Ankündigung solcher Experimente, welche diesem Zwecke besser zu entsprechen scheinen, nicht mit Gleichgültigkeit werden aufgenommen werden. Die hier beschriebene Maschine des Herrn Obersalzinspector Abichs, hat wenigstens das Verdienst, daß sie sehr einfach ist, die Bestimmung der Gewalt ziemlich leicht angiebt, und, was das wichtigste ist, wirklich eine Zusammendrückung hervor zu bringen scheint. Bleiben aber bey den damit angestellten Versuchen, oder vielmehr bey den daraus herzuleitenden Schlußfolgen noch Zweifel unbeantwortet übrig, so dünkt mich, hat diese Maschine doch immer mehr geleistet, als irgend eine derjenigen, deren man sich vorher zu dieser Absicht bediente. Um dies genauer beurtheilen zu können, sammlete ich mir die Nachrichten aller bis hieher in dieser Sache unternommenen Versuche. Dadurch ist der erste Theil dieser Abhandlung, nämlich eine

Geschichte der Untersuchungen über die Compressibilität des Wassers, entstanden. So viel es meine eingeschränkte Lage hat erlauben wollen, habe ich alles hieher gehörige chronologisch beygebracht; es ist indeß immer nicht unwahrscheinlich, daß mir eine oder die andere Nachricht mag unbekannt geblieben seyn, da ich wiederum von andern oft so ungewisse Nachricht erhalten konnte, daß ich diese nirgends einzuschalten wagen durfte. So bin ich z. B. mündlich benachrichtiget, daß zwischen den Jahren 1740 und 1750, oder einige funfzig, eine Portugiesische Academie in Lissabon Versuche über die Compressibilität des Wassers, und zwar mit glücklichem Erfolg, soll angestellt haben. Ich habe mir Mühe gegeben, näher von der Sache unterrichtet zu werden, aber vergeblich. Auch habe ich nirgends eine zuverlässige Nachricht auftreiben können, daß man versucht habe, das Wasser in goldenen Kugeln zusammen zu drucken. Herr Professor Eberhard [a]) führt einen solchen Versuch aus der Physic des Verdries an; diese Physic habe ich zwar nie gesehen, aber ich vermuthe mit Recht, daß Verdries dieses aus andern Autoren eben so hingeschrieben hat, wie es Boerhave dem Stair nachschrieb, daß du Hamel von Versuchen mit goldenen Kugeln rede, da ich wenigstens beym du Hamel nichts hievon angeführt gefunden habe. Teichmeier [b]) sagt sogar,

a) Eberhards Nat. Lehre.

b) Teichmeyeri Elementa Philosoph. natural. experimentalis Ienae 1717. p. 240.

die Florentiner Academie habe goldene und silberne Kugeln bey diesem Versuche gebraucht, da doch aus den S. 36. beygebrachten eigenen Worten der Florentinischen Nachrichten erhellet, daß nur bloß von einer silbernen Kugel die Rede sey; ja sie geben sogar die Ursache an, warum man hier das Silber dem Golde vorgezogen hat. Ich erinnere mich auch sonst, in einer Deutschen, hier weiter nicht hergehörende Schrift, von dieser goldenen Kugel gelesen zu haben. So schreibt einer des andern Irrthum ab, denn augenscheinlich hatte Teichmeier das Original der Florentinischen Nachrichten nicht gesehen, oder auch nicht verstanden. So mag es aber auch wohl mit der goldenen Kugel des du Hamel zusammenhangen; doch kann ich dies nicht völlig so zuverlässig sagen.

Bey dieser Gelegenheit muß ich einer Nachlässigkeit gedenken, welche ich in Ansehung des Abt Nollets begangen habe. Es ist S. 44. nur allein seines Versuchs mit der gläsernen Röhre gedacht, da er doch in seinen Lecons de Phys. a. a. O. diesem Versuche den, das Wasser in einer Kugel durch Zusammenschrauben zu comprimiren, vorhergehen läßt. Ich hatte dieses Experiment des Abts, welches dem Musschenbroekschen gleich kommt, und also dem Abte nicht besonders eigen ist, übersehen. Der Abt hat es beynahe mit ähnlichem Erfolg als Musschenbroek unternommen, doch sagt er, daß gerade vor dem Durchschwitzen des Wassers durch das Metall die Kugel bereits angefangen habe, ein wenig flach

zu werden. Er nahm nur eine kleine Kugel, ohne die Maaße davon zu bestimmen; giebt aber auf der 2ten Taf. 5te Fig. seiner Lecons de Phys. eine bequeme Presse zum Zusammenschrauben.

Auch kann ich hier zu S. 58. hinzusetzen, daß man in Frankreich die Versuche des von Servieres wiederholt und geprüft hat. Man will sie wahr befunden haben. Ich weiß nur eben so viel, und nicht mehr hievon, aus einer ganz kurzen Anzeige einer kleinen Schrift, des Tituls, Lettre de Mr. T. a Mr. le Baron de *Servieres*, en reponse a ses Observations sur les Thermometres Brochure en 12 de 15 pag. Paris 1778. m. s. Journal Encyclop. Novbr. 1778. p. 155. worin ich jetzt diese Nachricht antreffe; doch denke ich nächstens im Stande zu seyn, von diesen Servierschen Versuchen bestimmter reden zu können; alsdenn wird es sich zeigen, in wie weit sie hieher gehören.

Ist aber auch der historische, erste Theil dieser Abhandlung mangelhaft, so halte ich ihn dennoch nicht für unnütz. Bearbeitete man einmal die Geschichte der ganzen Naturlehre, und nur zu früh hat der schätzbare Priestlei aufgehört! so fänden sich hier wenigstens die wichtigsten Thatsachen für diesen Theil der Physic beysammen. Die Compendien von der Naturlehre, ja selbst die größern Physiken, z. B. des s'Gravesande, Martins und Musschenbroeks, berühren diese Untersuchungen entweder gar nicht, oder sie gehen so kurz darüber

weg, daß ich hoffentlich selbst für Naturkundige, oder wenigstens Naturliebhaber, welche nicht in der Lage sind, größere Bibliotheken nachsehen oder anschaffen zu können, durch die Sammlung hier beygebrachten Nachrichten keine überflüssige Arbeit geliefert habe.

Auch denke ich in Beurtheilung dieser Versuche unpartheyisch gewesen zu seyn; denn man wird sehen, daß ich selbst meine eigene Versuche eben so vielen Zweifeln ausgesetzt habe, als irgend einen der vorhergehenden. Nirgends muß man bey einer Erscheinung die Ursachen genauer bezweifeln, nirgends mit mehrerer Vorsicht aus Thatsachen Folgen ziehen, als in der Naturlehre, und auf die Entdeckung der ersten Ursache eines physicalischen Phänomens sollte man sich gar nicht einlassen.

Aus S. 68. und 75. wird man ersehen, daß ich selbst an unsern Versuchen etwas auszusetzen habe; es ist daher wahrscheinlich, daß im Fall man diese Versuche mit genaueren Verrichtungen wiederholte, die S. 76. und 77. beygebrachten Resultate um ein geringes von den jetzigen verschieden ausfallen können, ohne der Wahrheit des Ganzen zu schaden.

Zur Geschichte der Abichschen Maschine gehört noch, daß Herr Abich im vorigen Sommer die Ehre hatte, den mehresten Mitgliedern der Königl. Societät der Wissenschaften in Göttingen das Instrument nebst dem Versuch, mit Hülfe der Schraube

das Wasser zu comprimiren, vorzuzeigen. Bey dieser Gelegenheit entstanden verschiedene lehrreiche Zweifel, wovon ich hauptsächlich den, von der möglichen Ausdehnung des Cylinders, zu nutzen und zu beantworten gesucht habe. Einen Zweifel muß ich indeß noch erwähnen; vielleicht fiele er dem Leser ein. Nämlich, wie wann bey Anfüllung der Maschine mit Wasser das Flüssige nicht ganz bis zum Stämpel hinunter träte, oder einige Lücken um den Stämpel blieben, so daß bey nachmaligem Umwenden der Maschine leerer, oder auch mit Luft angefüllter Raum, zwischen dem Stämpel und dem Wasser übrig bliebe? Einmal sehe ich nicht ein, wie dies vermöge des durch seine Schwere so tief, als möglich hinuntertretenden, und sich überall verbreitenden Flüssigen statt finden kann; Zweytens bedürfte es, gesetzt der Fall sey möglich, dann beym Anfang des Versuchs nicht einer großen Kraft von mehr als 700 Pfunden, um den Stämpel im mindesten hinunter zu drücken, da einige 70 Pfund im Stande sind, den Stämpel in dem leeren Cylinder zu bewegen. Ich habe den Stämpel verschiedentlich herausgezogen, um mich dadurch von der innern einfachen Structur des Cylinders genau zu überführen.

Verbesserung und Zusätze, die ich der Güte des Herrn Hofrath Kästners zu danken habe, erkenne ich hier mit der größten Verpflichtung.

Man wird bemerken, daß die Angabe der Abichschen Maschine einige Aehnlichkeit mit den S. 30.

angeführten Gedanken des du Hamels habe. Aber hier muß ich Herrn Abich die Gerechtigkeit wiederfahren lassen, daß er auf keine Weise, auch nur von weitem, durch den du Hamel zu seiner Erfindung ist geleitet worden.

Herr Abich hat seine academischen Jahre besonders practischen Kenntnissen gewidmet; nachmals ist er nie ein Gelehrter von Profession gewesen, sondern stets das, was er noch jezt ist, ein geschickter thätiger Geschäfftsmann, der dabey sein Talent und seine Neigung zu mechanischen Wissenschaften cultivirt [c]). Dadurch wird es begreiflich, wie ihm die ältern Physiker, besonders die mehr speculativischen Schriften des du Hamels, völlig unbekannt geblieben sind. Ich kann betheuern, daß, als ich mit ihm von der Angabe des du Hamels redete, er diesen Namen nur bloß durch den jeztlebenden du Hamel de Monceau kannte; es war ihm, außer dem Florentinischen Versuche mit der silbernen Kugel, das meiste hiehergehörige, selbst die Cantonschen Versuche, völlig unbekannt.

Auf die Weise halte ich es entschieden, daß diese Druckmaschine des Herrn Abichs eine original Deutsche Erfindung sey. Ich habe S. 42. und 44.

c) Herr Obersalzinspector Abich hat einige merkwürdige Maschinen angegeben, worunter besonders eine Maschine, Feilen zu hauen, die den Englischen nichts nachgeben, und eine andere, welche die Hauptverrichtung einer Münze alleine bewerkstelliget, mit Recht die Aufmerksamkeit der Mechaniker verdient.

dies gleichfalls von der gläsernen Röhre, deren sich Hamberger zu diesem Versuche bediente, angemerkt. Man kann sich aber durch die S. 96. beygebrachten Gründe überzeugen, daß gerade diese beyde Methoden diejenigen sind, welche ihrer Absicht am genauesten und bequemsten entsprechen.

Weder die Hambergersche Röhre, noch die Abichsche Druckmaschine, halte ich für Erfindungen, welche unter die erstern oder vorzüglichsten unserer Nation gehören; aber lebhaft erinnern sie mich dennoch an die große Menge der wichtigen Erfindungen der Deutschen, über welche hier einige Anmerkungen nicht am unrechten Orte stehen werden.

Es ist in der That unbegreiflich, daß man bisher noch nie daran gedacht hat, eine genaue Geschichte von den Erfindungen der Deutschen zu geben, und so ein Monument zur Ehre unserer Nation, oder vielmehr zur Ehre Europens aufzustellen. Frankreich verkündigt täglich die Thaten seiner Nation durch die Honneurs de la France, la France illustre, und wie die volltönenden Aufschriften solcher Werke mehr heißen; England richtet jedem vorzüglichen Manne, den Schauspieler nicht ausgenommen, Monumente auf, belohnt jede Erfindung, wichtig oder nicht, mit Medaillen, und der Deutsche? - - still und unerkannt und unbelohnt sitzt er, wird dennoch nicht müde, entdeckt, erfindet ohne alle Aufmunterung mehr als beyde Nationen zusammengenommen.

Nicht Vaterlandsliebe, nicht Nationalstolz redet hier dem Deutschen das Wort; Billigkeit, die sich auf Thatsachen gründet, muß entscheiden, welchem Lande man die wichtigsten und meisten Erfindungen seit einigen Jahrhunderten zu danken hat. Die Buchdruckerey, die schwarze Kunst (mezzo tinto), das Kupferstechen, die Pastelmalerey, das Schießpulver, die Taschenuhren, das Europäische Porcelain, die Gradierhäuser, gehören sie nicht einem **Guttenberg, von Mechlen, Thiele, von Siegen, Schwarz, Heele, Bötticher** und **Meht**: dann ferner Fortification, Caliberstab, Meßtisch (so genannte Planchette), Phosphorus, Polenoscop, Helioscop, Sonnenmicroscop, Experimentalphysic, Höhrrohr, Luftpumpe, Windbüchse, Manometer, Electricität, Quecksilberthermometer, electrische Verstärkungsflasche, Entdeckung der magnetischen Declination, stammen sie nicht von **Albert Dürer, Spekle, Prätorius, Brandt, Kircher, Scheiner, Lieberkühn, Sturm, Guerike, Fahrenheit, Kleist** und **Hartmann**. Endlich bestimmte **Copernic** das wahre Weltsystem, **Byrg** erfand die Logarithmen [d]), **Doerfel** die parabolische

d) Kepler sagt in den Tab. Rudolph. praecept. Cap. 3. nicht nur, daß Byrg die Logarithmen erfunden habe, sondern was für einer Methode er sich bediente, dazu zu gelangen. Herr von Montecla ist also ungerecht gegen Byrg, da er diesem diese Erfindung absprechen will, Hist. des Mathem. T. I. p. 471. und gegen Keplern, wenn er glaubt, daß Kepler nur aus Nationalliebe Byrgen die Erfindung zuschriebe, Hist. d. Mathem. T. 2. p. 10 & 11. Ueberhaupt ist Montecla oftmals gegen die Deutschen höchst unbillig, wie

Cometenbahn [e]), Hevel die Libration des Mondes und die Mondscharten, Purbach und der große Müller, mit dem Zunamen Regiomontan [f]), stellen die Astronomie wieder her, und Walther wandte die Refraction auf die Astronomie an; Simon Maier [g]) entdeckte vor dem Gatilai die Jupiterstrabanten, und Tobias Maier bezwang den bis dahin stets ausweichenden Mond. Kepler! - - - mit Ehrfurcht sehe ich an diesen Coloß in die Höhe, auf seinen Schultern steht ein Britte, ein ihm ähnlicher Riese; aber so wenig eine doppelte Höhe des Augenpunkts einen doppelt so großen Gesichtskreis giebt, eben so wenig sahe Neuton doppelt so weit, als Kepler. Jeder Deutsche betrachte den Mann mit Erstaunen und Beschämung, der die Bahnen der Planeten und ihre Gesetze zuerst bestimmte; die

folg. Stellen erweisen, Hist. d. Math. T. 1. p. 469 & 470. 471.

e) Doerfel war Pfarrer zu Plauen in Sachsen, und schrieb: Astronomische Betrachtung des großen Cometen, welcher 1680 erschienen ist. Dies Buch, welches 1681 herauskam, enthält viel wichtiges, was Neuton freylich genauer nachmals bewies.

f) Regiomontan war unstreitig einer der größten Astronomen. Er schien schon damals (1460-70) sehr geneigt, die Sonne zum Mittelpunct des Weltsystems anzunehmen; brachte die Trigonometrie sehr weit, und führte die Decimalbrüche und Tangenten bey ihr ein. Doppelmaier von Nürnb. Mathem.

g) Simon Maier entdeckte einige Monate vor Galiläi die Jupiterstrabanten; so nahe stehen sich oft die Erfindungen!

wahre Theorie des Sehens [h]) und das astronomische Fernrohr entdeckte; die Attraction, die allgemeine Schwere [i]) der Himmelskörper, und daher die einzige wahre Ursache der Ebbe und Fluth angab [k]), der endlich selbst einen Theil der Rechnung des Unendlichen [l]) schuf, und - - - in Dürftigkeit starb. Aber Kepler hält die Planeten, auch unsern Erdkörper, für belebte Thiere wohl! und Neuton commentirte über die Offenbarung Johannis. Sonnenflecken, Schwachheiten, den übrigen Mitmenschen zum Troste, dem schalen Kopfe zum Vergnügen!

Nun Neutons Grab und Keplers, welch ein Contrast! Stünde noch ein o! seltner Kepler [m]) in einem Winkel unter den Gräbern der Fürsten! aber so hat jetzt vielleicht schon die offene Luft die Grabschrift weggewischt!

h) Cartesius nannte ihn seinen Lehrmeister.

i) M. s. Epitome Astron. Copernic. Francofurt. 1635; In introduct.

k) Ebendas. Lib. 5. §. 1. Die drey ersten Bücher hievon gab Kepler schon 1618 zu Linz heraus.

l) Noua Stereometria doliorum, Lincii 1615. und deutsch 1618 Hierin führt Kepler zuerst den Begriff vom Unendlichen in der Mathematik ein, und legt den Grund zu der nachmals so wichtig gewordenen Lehre de maximis et minimis.

m) Unter den Grabschriften großer Männer, welche in der Abtey von Westmünster begraben liegen, findet sich für Ben Johnson nichts weiter auf einem Stein in einem Winkel, als: O rare Ben Johnson!

Doch wie konnte man in Deutschlands frühe-
ren Zeiten was besseres hoffen, da der Adel in un-
serm Jahrhundert es sich zur Schande hielt, — auf
immer wird es ihm zur Schande gereichen! — der
Leiche des großen Leibnitz zu folgen, während daß
Herzoge und Grafen **Newtons** Leichentuch trugen.

Leibnitz, dieser alles umfassende Kopf, gegen
den nur England unbillig ist [n]), was sahe, was
erfand nicht er, und was hätte er nicht mehr thun
können, hätte nicht seine Allwißbegierde ihn von den
Geheimnissen der tiefsten Mathematic, die er so
glücklich enthüllte, zuweilen weggerissen! Denn
was stand dem nicht offen, der die Differentialrech-
nung erfand, die Kettenlinie und Brachystochrone
bestimmte, und mehrere gleich schwere Aufgaben auf-
lösete!

Hier ist weder die Absicht, alle die größten
Männer unserer Nation aufzuführen, noch auch
das Verdienst großer Ausländer, z. B. eines **Des-
cartes**, **Gassendi**, **d'Alembert**, **Buffon**, **Ba-
con**, **Boyle**, **Bradlei** oder **Locke**, herunter zu
setzen, dies wäre von mir nicht nur verwegen, son-
dern gerade zu lächerlich; aber Nation gegen Na-
tion gestellet, auf welcher Seite ist der Ausschlag?

n) Doch scheint es, als wenn einige billig denkende,
der Sache kundige Engelländer anjetzo dem Leibnitz
die Ehre, die Differentialrechnung gleichfalls erfun-
den zu haben, nicht mehr streitig machen wolle. Warring Meditationes Analyticae Londini 1776

selbst wenn man auch zugäbe, daß verschiedene der obenbenannten Erfindungen andern Ländern zugleich gehörte.

Und bey alle dem konnte Voltaire den Deutschen überhaupt dumm nennen! „Es ist ein Beweis," sagt er, „daß der Zufall die Erfindung „hervorgebracht hat, weil die dummste Nation, die „Deutschen, am meisten erfand." Diese Worte enthalten die ungezogenste Grobheit mit dem gröbsten Trugschluß verbunden. Es ist nichts darin wahr, als, daß der Deutsche viel erfand. Einmal ist es für jeden gesitteten Menschen höchst unanständig, eine ganze civilisirte Nation zu schimpfen, Sinnlosigkeit aber wird es, wenn es nur deswegen geschieht, weil man sich auf keine andere Art an den Stärkern rächen kann.

Die flüchtigste Nation, die Franzosen, hat gute Tragödienschreiber, also muß es sehr was unbedeutendes seyn, eine gute Tragödie zu schreiben. So viel Unrichtigkeiten dieser Schluß auch enthält, so reichen sie doch bey weitem nicht an die der Voltairischen Folgerung. Oder, wie wenn ein Afrikaner oder Amerikaner den Voltairischen Schluß auf die Europäer anwendete, verdiente er nicht Mitleiden? In wie weit kann aber der Zufall zu wichtigen Erfindungen Anlaß geben? Die Erfindungen gehen entweder diejenigen Stücke an, welche zur Nothdurft gehören, es sey nun zum Lebensunterhalt oder Vertheidigung; oder sie gehören zur Bequem-

lichkeit, zum Luxus; oder sie sind endlich scientifisch, schlagen in speculativische Wissenschaften.

Anlaß geben kann der Zufall augenscheinlich mehr zu den Erfindungen der beyden erstern Arten, als zu den der dritten; denn um die Differentialrechnung erfinden zu können mußte Leibnitz tiefe mathematische Kenntnisse schon vorher besitzen. Hingegen könnte es möglich seyn, daß eine Feuersbrunst die Schmelzung der Metalle lehrte. So soll das Glasmachen, die Entdeckung des Magnets, die Inoculation, wie Plinius sagt, durch ein Ohngefähr entstanden seyn °).

Aber Anlaß zum Erfinden geben, und die Erfindung selbst machen oder vollenden, ist himmelweit von einander verschieden. Zwey gleich alten Nationen, unter einerley Himmelsstrich, bot wahrscheinlich bey einer großen Anzahl Jahren der Zufall gleich oft (im Durchschnitt gerechnet) Gelegenheit zu der Entdeckung des Feuers an. Ein Kiesel, der

o) Plinius scheint dem Zufall überhaupt sehr gewogen: Hic ergo casus hic est ille, qui plurima in vita inuenit Deus. Hist. natur. lib. 27. cap. 3. Ich gestehe aber, daß ich von dem von ihm angegebenen Ursprung verschiedener Entdeckungen gar nicht überzeugt bin. So soll der Magnet durch einen Schäfer, dessen Stab zu oberst mit Eisen beschlagen, an einem solchen Stein von ungefähr hängen blieb, entdeckt seyn, Lib. 36. Cap. 16. Aber der Stein war ja in der Erde roh unbewaffnet, der Schäferstab konnte also schwerlich mit einer Gewalt, die die Aufmerksamkeit eines der Sache völlig unkundigen Schäfers auf sich zog, festgehalten werden.

gegen den andern geworfen, Funken gab, ein Wetterstrahl, der einen Baum anzündete, kommen oft genug in einer Reihe von Jahren bey allen Nationen vor, und dem ohngeachtet kannten die Völker der Marianischen Inseln bey ihrer Entdeckung durch die Europäer kein Feuer. Lag dies an dem Zufall? gewiß nicht, in Ländern, wo es nicht an Gewittern fehlt, wo selbst die benachbarten Insuln feuerspeyende Berge haben. Wenn also der Zufall die übrigen Nationen das Feuer kennen und gebrauchen lehrte, so lag es augenscheinlich an der Dummheit, Faulheit, oder dem Leichtsinn der Bewohner der Marianischen Insuln, daß sie nicht gleichfalls mit dem Feuer bekannt waren. Einige Affenarten wärmen sich an dem von den Negern zurückgelassenem Feuer, ohne dennoch dies Feuer durch Zulegen von Holze, das ihnen doch so nahe ist, zu unterhalten. Faulheit oder Dummheit ist offenbar hieran Schuld

Gesetzt, es sey wahr, daß durch ein zufällig am Strande angezündetes Feuer der Sand sich in Glas verwandelte, wann diejenigen, welche dies Feuer angemacht hatten, eben wie die Bewohner der Mariansinsuln Leichtsinn oder Faulheit genug hatten, hierauf nicht acht zu haben, was half dann der Zufall? das Glas blieb dennoch unentdeckt.

Wer also den Zufall am meisten benutzte, wer die besten und wichtigsten Folgen daraus herleitete, der entdeckte, der erfand am mehrsten. In so weit ist also der thätige Mann, der Denker, am mehr-

ften zum Erfinden geschickt; und in so weit ist es Unsinn, den Erfinder dumm zu nennen, denn es hieße den Denker um des Denkens willen für dumm erklären. Der Zufall kann freylich zuweilen die Erfindung angeben; so sagt man, habe Berthold **Schwarz** das Schießpulver durch Zufall entdeckt, nämlich er wußte nicht vorher, was die Mischung von Kohlen, Schwefel und Salpeter, wenn sie durch Stampfen oder Reiben Feuer fieng, für Wirkung zeigen würden; hätte sich aber dieser **Schwarz** nicht mit der Chemie, mit Trennung und Mischung verschiedener Körper abgegeben, so hätte nie der Zufall ihm Pulver machen gelehrt. Noch mehr, hätte **Schwarz** nun dieses Entzünden und Auseinanderschlagen nicht weiter benutzt, hätte er nicht auf das Verhältniß der Bestandtheile des Pulvers Acht gegeben, so wäre durch Leichtsinn diese Erfindung selbst, wenn sie der Zufall schon gemacht hatte, vergessen, ungenutzt geblieben, sie hätte nie existirt, wenigstens den Folgen nach.

Den Erfindungen in den höheren Wissenschaften darf ich gar nicht das Wort reden; **Leibnitz** nimmt sich vor, die Kettenlinie zu finden, nach vielem Denken, Combination und Wendung von Ideen löset er das Problem auf. Da war es also auch Zufall, daß er endlich auf gerade — eine so glückliche Wendung traf, wodurch dem Falle Genüge geleistet wurde? Nun so ist es auch Zufall, daß ich jetzt von dieser Materie, und nicht von den neun Metamorphosen des Vistnou schreibe; man könnte

doch keinen größern Mißbrauch des Ausdrucks wählen, oder es ist alles Zufall; Zufall, daß Voltaire die Alzire, die Pucelle oder Henriade schrieb, Zufall, daß er den erfindenden Deutschen dumm hieß, dann sieht doch die Welt einem Tollhause noch viel ähnlicher, als jetzt.

Ich schließe diese Episode mit einer Aufforderung großer Köpfe Deutschlands, die Entdeckungen unserer Nation in ihr gehöriges Licht zu setzen, und ihr dadurch ein ewiges Denkmahl zu stiften. Gerne gebe ich zu, daß dies Unternehmen mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist; denn eben darum, weil der Deutsche stillschweigend erfindet, wie ich dies oben von Byrg bemerkte; weil daher von wichtigen Entdeckungen nur geringe Urkunden, etwa nur Handbriefe, übrig sind, weil die Erfindungen von so mancherley Art sind, in so weit von einander liegende Fächer gehören, weil endlich ein und dieselbe Erfindung oftmals fast zu gleicher Zeit von mehrern gemacht worden ist, wie z. B. die Differentialrechnung, die Entdeckung der Jupiterstrabanten u. d. so erfordert die Geschichte der Deutschen Erfindungen einen Mann, in dem tiefe Mathematic mit den ausgebreitesten Kenntnissen, unermüdetem Fleiße und selbst Muthe, sich vereinigen, einen unserm Leibnitz ähnlich großen Mann. Aber eben ein solcher Mann fehlt uns nicht, **Kästner** nicht etwa bloß durch Vaterstadt, oder frühen Proben reifender Talente seinem großen Landsmanne ähnlich, sondern durch eben den durchdringenden Tiefsinn, durch

eben jene übermäßige Summe von Kenntnissen, durch eben den thätigen betriebsamen Eifer, jeder Art von Gelehrsamkeit fortzuhelfen. Oder ein Heyne, ein Lessing in Gesellschaft eines vorzüglichen Mathematikers, sie an der Quelle der Urkunden aller menschlichen Kenntnisse, was brächten sie mit ihren großen Talenten, tiefen forschenden Geist nicht zu Stande! Ein Monument nicht nur zur Ehre von Deutschland, sondern zugleich ein daurendes Denkmal seines großen Urhebers!

Ich bitte den Leser wegen dieser langen Ausschweifung um Verzeihung, die Gerechtigkeit der Sache riß mich wider meinen Willen fort. Vielleicht ist es dennoch ein Wink von wirksamern Eindruck bey den großen Köpfen Deutschlandes, als gewöhnlich ein Wink des Rechtschaffenen auf die Grossen überhaupt zu machen pflegt. Würde dann der Leser mir nicht gerne verzeihen?

Zuletzt ersuche ich, vor Lesung der Abhandlung selbst, die eingeschlichenen Druckfehler gütigst nachzusehen; oftmals geben sie einen ganz veränderten Sinn.

Ueber die Elasticität des Wassers.

Einleitung.

Wem es wichtig ist, die Natur der Elemente zu kennen, wenn von dieser Kentnis die Erklärung der meisten Erscheinungen in der Naturlehre abhangen, dann muß die Untersuchung des Wassers, seiner Theile, seiner inneren Eigenschaften einer vorzüglichen Betrachtung wehrt sein. Auch haben sich von jeher die grösten Physiker in die Zerlegung des Wassers eingelassen; aber so wohl die Alten als die Neueren sind hiebey auf verschiedene Art zu Werke gegangen. Einige schlossen blos aus dem, was sich täglich mit diesem Elemente ereignet so gleich auf die Natur und Kräfte seiner ersten Theile, dahingegen die Gründlichern das Wasser dem Feuer und andern gewaltsamen Mitteln aussezten, und auf diese Erfahrungen ihre Schlüsse baueten. Es ist auf diese Weise freilich kein Wunder, wenn die Hypothesen der erstern nicht mit den Schlußfolgen der leztern zutreffen; aber daß auch unter denen, welche ihre ganze Kentnis durch Versuche heraus brachten, ein so grosser Wiederspruch herscht, dies ist weit merkwürdiger. Man kennt den berühmten Streit großer Naturkündiger unserer Zeit über die Substanztheile des Wassers. Eller hielte sie für Erde, oder glaubte wenig-

stens, daß Wasser in Erde könne verwandelt werden, da Pott [a]) dies hingegen leugnete. Beide waren sehr große deutsche Chymiker, beide gründeten sich auf Erfahrung, und beide waren einander gerade zu entgegen. Mir scheint übrigens der Satz, daß Wasser in Erde könne verwandelt werden, bey weiten in der Anwendung nicht so wichtig, als man ihn insgemein, zu der Erklärung der Erdrevolutionen durch die Abnahme des Wassers, zu sein glaubt. Giebt man als bewiesen zu, daß Wasser in Erde könne verwandelt werden, so mag wenigstens ich es nicht über mich nehmen, zu läugnen, daß die Natur nicht auch umgekehrt aus Wasser wieder Erde hervorbringen könne, und was ist dann gewonnen? Wie kann man sich zum Beispiel versichern, daß die Ostsee durch würkliche Verminderung des Wassers kleiner geworden sey, besonders, wenn man noch dabey bedenkt, daß die Erhöhung des Meergrundes, die in einigen Häfen nicht zu läugnen steht, leicht zu dem Schlusse, das Wasser habe abgenommen, verführt [b]). Deßwegen sage ich ganz und gar nicht, daß man diesen Ellerschen Streit für unnütz ansehen soll, solche mit entgegen gesetzten Erfahrungen geführte Streitsachen lehren gemeiniglich etwas, und es ist an und vor sich dem Physiker äuserst daran gelegen, zu wissen, ob Wasser und Erde einerley sind, oder vielmehr werden können, ich sage nur,

a) Hist. de l'Acad. de Berlin 1746. p. 45. & 1753. p. 25. & 1756. & 1752.

b) Herr Dr. Kratzenstein behauptet von neuem die Unmöglichkeit der Verwandelung des Wassers in Erde. Ihm zufolge rührt die Abnahme des Meeres blos von der Summe durch die Flüsse eingeschwemmter Körper, also von der Erhöhung des Meergrundes her. m. s. Acta litterar. Hafniens. 1778. Artic. 5.

daß die Anwendung mir nicht glücklich gemacht zu seyn scheint. Hier ist nicht der Ort, diese Sätze weiter aus einander zu setzen, ich bringe dies nur als Beispiel unserer Unwissenheit bey.

Es ist aber begreiflich, daß, da das Wasser überall auf der Erde angetroffen wird, man daher nothwendiger Weise wünschte, diesen Körper genauer kennen zu lernen. Die Natur hat ihn nicht nur in ungeheuren Massen hingegossen, sondern sie braucht ihn aller Orten so sehr, daß man keine Pflanze, kein Thier, ja fast kein Mineral ohne ihn entstehen und fortkommen sieht [bb]). Eben deßwegen wurde das Wasser von den ältesten Zeiten für ein Element angegeben, nemlich für einen Körper, ohne dem nichts in der Natur betrieben oder hervorgebracht werden könte. Diese Meinung, die Elemente eines aus den andern entstehen zu lassen, oder eines in das andere zu verwandeln, war von jeher die Lieblingsidee der Philosophen.

Es ist bekant, daß die alten Naturforscher, z. B. Vitruw [c]) eigene Versuche angaben, wodurch sie zeigen wolten, daß das Wasser in Luft könne verwandelt werden; aber eben die Aeolipila, wodurch sie ihre Meinung zu beweisen suchten, hat den Neueren das Gegentheil darzuthun geschienen [d]). Indeß sind dennoch wohl nicht alle Zweifel hierüber gehoben, da selbst noch in diesen Tagen geschickte Chimiker es nicht für ausgemacht ansehen, ob nicht würklich Wasser in Luft

bb) Einer der grösten Physiker unsers Jahrhunderts, Torbern (Bergman) glaubt, daß das Wasser die ersten Bestandtheile der Steine ausmache. Physical. Beschreibung der Erdkugel 1769. §. 52.

c) Vitruu. lib. I. cap. 6.

d) Wolfs Versuche und viele andere Naturlehren.

oder Luft in Wasser könne verwandelt werden [e]). Man wünscht die Natur einzuschränken; sie muß einfach sein, sie soll nur ein oder höchstens ein paar Grundstoffe haben, daraus muß sie Alles schaffen, Alles hervorbringen; aber man denkt nicht, daß wir mit dieser Simplicität der Natur in der That in unserer Kentnis fast um nichts weiter kommen; denn nun wird es noch unbegreiflicher, wie sie mit so wenigen Originalsubstanzen alle die Uebrigen, für unsere Sinnen oftmals so außerordentlich verschiedenen, erzeugt. Die Schwierigkeiten häufen sich also auf der andern Seite nur desto mehr. Bißher scheinen wenigstens die Untersuchungen der Ersten oder Grundsubstanzen der sogenanten Elemente für uns eben so unfruchtbar, als dem großen Bacon die Teleologie [f]).

Können wir aber hierin nicht so weit komnten; so muß uns desto mehr daran liegen, diejenige Eigenschaft der Körper zu untersuchen, welche auf uns, öconomisch oder mechanisch anwendbar, brauchbar werden. Daher ist die Untersuchung der Kräfte fester und flüßiger Körper der wichtigste Dienst' für den Menschen. So brachte Kepler und Neuton ohne die Natur der ersten Ursachen bestimmen zu wollen, das Weltsystem, die Ebbe und Fluth und die Optic, Guerike aber und Boyle die Lehre von der Luft mit ihren weitern Anwendungen in Ordnung. Hätte man zu Guerikens Zeiten die Luftpumpe für unnütz, für eine bloß artige Erfindung gehalten, so würde die nunmehro daher entstandene Anwendung auf das ganze

e) De Machy und dagegen de la Folie. m. s. Rozier Observat. sur la Physique l'hist. nat. & les Arts 1776. Juillet. Leidenfrost vortrefliche Abhandlung de aqua communi.

f) Est sicut virgo sterilis, quae nihil parit. Baco.

Maschinenwesen die große Wichtigkeit dieser neuen Wahrheiten entscheiden. An das Bergmessen durch das Barometer, an den Nutzen des Thermometers bey der Refraction dachten wohl Torricelli, Guerike und Fahrenheit noch nicht. So wie aber die Entdeckung der Elasticität der Luft wichtig geworden ist, so ist es nicht unbillig geschlossen, wenn man von der Untersuchung der Kräfte des Wassers, einen eben so allgemein verbreiteten Flüssigen, gleichfals beträchtliche Vortheile hoffet. Unrecht ist es jederzeit, wenn man die erste Entdeckung eines Landes deswegen für unnütz ausgiebt, oder seinen Entdecker verachtet, weil er nicht sogleich eine topographische Charte des neuen Landes, ein genaues Verzeichniß seiner Producte und der daher entstehenden neuen Handelszweige liefert oder liefern kan. Nein, dieser Mann hat immer einen wichtigen Schritt gethan, und wenn ihm andere folgen, wird sich die Ergiebigkeit von selbst zeigen. So kan auch die nähere Untersuchung der Elasticität des Wassers und die Erfindung solcher Maschinen, welche dies zum Gegenstand haben, (nicht zu gedenken, daß die Untersuchungen dem Physiker ohne alle weitere Rücksicht wichtig sind) in der Folge anwendbar, und den Menschen nützlich werden.

Ich werde hier, nachdem ich versucht habe, durch einige allgemeine Betrachtungen die Elasticität des Wassers erweisbar zu machen, die dahin zielende Versuche und Meinungen vortragen, man wird dadurch in Stand gesezt, Alles hieher gehörige auf einmal zu übersehen. Entstünde aber aus dem Ganzen auch nur ein Beitrag zu der Geschichte unserer Unwissenheit, so lernt man wenigstens doch dabey den Gang kennen, den die Vernunft gewählt hat, um sich von einer phisicalischen Wahrheit zu versichern, und man gewöhnt sich zur grösten Bescheidenheit, wenn man

die Schwierigkeiten einsieht, welche sich selbst dem, mit den besten Instrumenten ausgerüsteten Naturforscher auch noch in unsern Zeiten in den Weg stellen.

Vorläufige algemeine Betrachtungen.

Alle uns bis jezt bekante Körper sind weder vollkommen hart, noch vollkommen weich, aber auch nicht vollkommen elastisch. Eher ist es indes möglich, bey den Versuchen über die Gesetze des Stoßes der Körper solche zu finden, die da denen berechneten Gesetzen für die elastischen und weichen Körper Genüge leisten, als hinreichend harte Körper. Wenn K die Geschwindigkeit zweier harter Körper nach ihrem Zusammenstoßen bedeutet, dann muste nach diesem bekanten Fundamentalgesetze $K = \frac{MC - mc}{M + m}$, augenscheinlich K verschwinden, wenn man Massen und Geschwindigkeiten einander gleich setzt; keiner dieser Körper würde also wieder zurück springen. Wer nur jemals hieher gehörige Versuche angestellt hat, dem werden keine Körper vorgekommen sein, die nicht nach dem Stoße noch zu einer meßbaren Weite zurück gegangen wären. Es ist dies also eben so gut, als ein Beweiß für das Dasein eines beträchtlichen Grades von Elasticität in jedem Körper, so wohl in den festen als flüßigen. Leztere mögen betrachtet werden, wie sie wollen, so komt man doch dahin überein, daß sie zulezt aus kleinen festen Theilen, von runder oder ovaler Figur zusammen gesezt sind, und in so fern nehmen sie mit Recht an den Gesetzen der festen Kör-

per Theil. Daher wird es schwer werden, dem Wasser einen solchen Grad der Elasticität abzusprechen, der in die Augen fällt. Indeß kann man bey der, aus dem Abprallen des Wassers bewiesenen Elasticität dennoch nicht behutsam genug sein. Es ist in der That leicht möglich, das Abprallen unter einem spitzen Winkel gegen das Wasser geworfener Steine oder geschossener Kugeln lediglich der Elasticität zuzuschreiben. Besonders hat sich Bellogradi vor diese Meinung erklärt [g]). Er betrachtet das Wasser als eine feste Fläche, von welcher ein dagegen geworfener Körper zurück fliegt; da nun dies mit wenigem Verlust der Kraft und geringer Verringerung des Einfalswinkels geschahe, so mußte denn das Wasser freilich sehr elastisch angenommen werden. Nicht nur durch theoretische Gründe, sondern zugleich durch wichtige Versuche unternahm der berühmte Spallanzani das Irrige in der Untersuchung seines Landsmans darzuthun, und zugleich dem Wasser fast alle sichtliche Elasticität abzusprechen [h]). Er versuchte das Experiment der zurückprallenden Körper auch mit weichem Thon, mit zähem Flußschlamm und mit dem Gelben vom Eie, und fand, daß diese Körper, die doch wohl nicht vor merklich elastisch angesehen werden können, ähnliche Resultate in Ansehung des Abprallens zeigten. Er bemerkte deutlich, daß dieses wieder in die Höhe Fliegen der Steine sich völlig durch eine bloße Veränderung ihrer Richtung, welche durch den Wiederstand des Thons oder Wassers entstünde, erklären lasse.

g) Della Rifleffione de' Corpi dall Acqua, & della diminuzione dalla mole di Saffi ne Torrenti e ne Fiumi. In Parma 1753. 4to.

h) Spallanzani physicalische und mathematische Abhandlungen, 5te Abhandlung von dem Abprallen der Steine vom Wasser.

Auch leitet er daher das Wiederaufspringen der von einer Höhe auf eine Wasserfläche herabfallenden Tröpfen. Er stelt sich die Wassermasse als aus unterschiedenen Schichten zusammengesezt vor. Indem nun der Tropfen die Oberfläche des Wassers berührt, so öfnet sich gleichsam die obere Schichte durch die Gewalt des Tropfens, dann eine zweite und so fort, bis die Kraft des fallenden Tropfens erschöpfet ist. Durch dieses Trennen oder Auseinanderschieben der Wasserschichten entsteht nothwendig eine Grube, wie etwa in der ersten Figur, die ich hier lieber im Durchschnit gezeiget habe, um dem Leser es begreiflicher zu machen (1ste Figur 3te Tafel). Die Theile der obersten Schichte *a* und *b* treten also über die Horizontalfläche um die Höhe *ax*, die Theile der zweiten werden um die kleinere Höhe *cx* aus ihrem wagrechten Stande gebracht. Diese Theile der Schichten suchen sich also nach dem Stoße wieder in ihre vorige Lage zu setzen, und da sie, besonders wenn die Theile sehr flüßig sind, dies mit einer Geschwindigkeit thun, die dem Stoße gemäß ist, so drucken sie durch ihr Zusammenstoßen, Theile des sich sehr leicht trennenden Wassers *o* in die Höhe. Bei zähen Materien, z. B. bei dem Gelben vom Eie, geschieht dies langsamer, und muß die Höhe desfals schon ansehnlich seyn, wenn man dieses Aussprützen bemerken will.

So weit, dünkt mich, ließen sich die Hauptphenomene, welche Bellogradi lediglich der Elasticität des Wassers zuschreibt, durch die auf unleugbare Versuche sich gründende Erklärung des Spallanzani begreiflich machen. Ueber einen Punct des Bellogradi scheint Spallanzani etwas zu geschwinde hinweg zu gehen. Bellogradi [i]) führt das Abspringen

i) Bellogradi a. a. O. S. 51.

oder vielmehr Zurückspringen des von einer Höhe gegen einer Marmorfläche fallenden Wassertropfens als einen Beweiß der Elasticität des Wassers an. Dieses Zurückprallen kann man, sagt er, nicht der Elasticität des Marmors allein zuschreiben; weil zu dem Reflex die Elasticität beider gegen einander treffenden Körper, so wohl des Marmors als des Wassers erfordert wird [k]). Dagegen erinnert nun Spallanzani freilich nicht ohne Grund, daß zu dem Abprallen nur die Elasticität des getroffenen Körpers und ein gewisser Grad Härte von Seiten des auffallenden Körpers erfordert werde, beide Körper brauchten aber nicht zugleich elastisch zu seyn [l]). Und in der That muß ja ein harter Körper von einem elastischen, gegen den er stößt deswegen zurück prallen, weil der elastische sich so gleich nach dem Stoße wieder herstellt, und den harten dadurch zurück wirft. Es wäre sehr unrecht, wenn man hier einen solchen Körper annähme, der so wenig Elasticität besäße, daß er durch sein Wiederherstellen nicht den Tropfen zurückwerfen könte, denn da hier von einem elastischen Körper die Rede ist, wie z. B. vom Marmor, so sezt man schon einen ansehnlichen elastischen Körper, gegen welchen das Wasser fällt, zum Grunde; und dann muß augenscheinlich der dagegen stoßende, er mag hart oder elastisch seyn, zurück gehen.

Auch führt Spallanzani mit Recht harte Körper, die von gespanten Saiten zurück geworfen wer-

k) Bellogradi p. 52. Né vuolsi dire che un tal fenomeno deesi al elaterio del marmo. Poiche alla riflessione richiedesi la forza elastica in amendue, cioè a dire e nel marmo che urtasi e nel corpo che l'urto forma e produce; altrimenti anche i corpi molli risali rebbero dal porfido, e dall' avorio.

l) Spallanzani Abhandl. S. 256.

den, hier als passende Beispiele an. Minder passend scheint mir aber das Beispiel von kleinen marmornen gefärbten Kugeln, welche auf eine Marmorfläche fallen und dann Flecke zurücklassen; denn bey diesen Vergleichen würde Bellogradi immer gewinnen, da beyde Körper von Marmor, oder elastisch sind. Von weichen Körpern, die gegen elastische Körper fallen, deren Bellogradi gedenkt, ist in Ansehung des Wassers nicht die Rede, denn man streitet nicht, ob das Wasser weich oder elastisch, sondern hart oder elastisch sey.

Gienge man indes diesen Versuchen weiter nach, so liesse sich auf eine andere Art dennoch etwas für die Elasticität des Wassers, gegen Spallanzani, heraus bringen. Es ist unleugbar, daß zwey Körper, welche in ungleichen Graden elastisch wären, gegen ein und eben dieselbe harte oder elastische Fläche von gleichen Höhen fallend, je nach dem Grade ihrer Federkraft, weit oder minder weit zurück springen werden. Man müßte daher Körper von gleichem Gewicht oder Massen, z. B. eiserne, zinnerne, bleierne Kugeln, etwa Schrot oder Hagelkörner, mit einem gleichen Maaße oder Tropfen Wasser von einerley Höhe gegen eine Marmorplatte herab fallen lassen, und dann die Höhen, welche sie im Zurückprallen erreichen, genau abmessen. Man weiß, daß der vom Dache fallende Regentropfen ansehnlich in die Höhe sprüzt. Aber da die Wassertheile beim Zurückprallen, wegen ihrer geringen Cohesion, sich leicht in kleinere zertheilen, so müßte man eben die Höhen dieser kleinern vermöge eines Papiers, an welches sie anschlagen würden, abmessen. Bey dem Hagel oder Schrot könte ein Maaßstab hiezu hinreichend seyn. Nur müßte man sich in Acht nehmen, daß man, um das Zurückprallen stärker zu machen, nicht etwa eine Menge Wasser hinter

einander fallen ließe, weil so dann die nachfolgende Wassertheilgen sich mit den erstern bereits zurückspringenden vermischen würden, und an Höhe verlöhren. Vermuthlich würde man Körper finden, die nicht zu gleicher Höhe mit den Wassertropfen zurückpralleten; der Versuch erfordert indeß mehr Genauigkeit und Vorrichtung, als man würklich beim ersten Anblick glaubt.

Ich komme zu einem andern Beweiß der Elasticität des Wassers, welcher, ich weiß nicht aus was vor Gründen, von Mußchenbroek fast gänzlich hintan gesezt worden ist; dies ist die Fortpflanzung des Schalles vermöge des Wassers. Mußchenbroek führt zwar die englischen und Nolletschen hierüber angestellte Versuche an [m]), allein er zieht hieraus, wie mit Fleiß, nicht die höchst natürliche Folge, daß das Wasser nothwendig elastisch sein muß, um den Schall fortzupflanzen. So bald einige richtig angestelte Versuche, wovon ich die hauptsächlichsten so gleich beybringen werde, diese Fortpflanzung würklich zeigen, so liesse sich der Einwurf, daß der im Wasser enthaltenen Luft diese Fortpflanzung allein gehöre, auf folgende Art leichtlich heben.

Die Vertheilung der Lufttheile in dem Wasser kan auf drey verschiedene Arten oder Stellungen gebracht werden. Die 2, 3 und 4te Figur der dritten Tafel zeigen Durchschnitte einer Wassermasse. Die Cirkul bedeuten Luft und die Schlanolinien Wassertheile. In der ersten Figur A. liegen die Lufttheile schichtweise horizontal, in der zweiten unordentlich, ohne sich zu berühren. Entsteht nun durch eine Glocke oder auf irgend eine andere Art ein Schall, so ist es unmöglich, daß dieser, wann er auch zunächst bey der Luft ent-

m) Introduct. ad Philosoph. naturalem T. 2. p. 930.

stünde, sich bloß durch Hülfe der Luft fortpflanzen könte. Denn jederzeit würden in beyden Fällen die Schwingungen der Luft von dem Wasser, das hier als völlig unelastisch angenommen wird, und zwischen den Luftheilen steht, aufgehalten. Der dritte Fall, welchen die vierte Figur zeiget, brächte hingegen den Schall von dem im Wasser klingenden Körper an die obere Luft. Hier wären nemlich die Lufttheile, von dem klingenden Körper an, in einer perpendiculairen, schiefen oder krummen Stellung so, daß das Lufttheilgen einer Schichte grade auf dasjenige der folgenden träfe, oder es berührte, und auf die Weise wäre diese in die Höhe steigende Reihe Luftkügelgen im Stande, den Schall fortzupflanzen. Aber was wird zu diesem Falle alles erfordert? nicht weniger, als daß in jeder Wasserschichte ein Lufttheilgen gerade so stünde, daß es auf das andere paßt. Keine von diesen Schichten darf im mindesten in Unordnung gebracht werden, denn so bald nur irgend ein Lufttheil, z. B. *a* in der Figur nach einer Seite fort rückte, so hört dadurch alle Gemeinschaft auf, der Schall wird gehemmt.

Erstlich ist hier die gröste Unwahrscheinlichkeit, daß die Lufttheile gerade diese Stellung haben, und gesezt, man nähme dieses Unwahrscheinliche an, so wird zu der Erregung des Schalles im Wasser, jederzeit eine Bewegung nohtwendig; diese bringt also leicht die Wasserschichten aus ihre dem Schalle vortheilhafte Lage. Sezte man, daß eben diese Bewegung diese gute Lage der Lufttheile hervorbrächte, so würde nicht nur dieses Hervorbringen selbst das gröste Ohngefehr seyn und bey fortdaurender Bewegung des tönenden Körpers sich dennoch leicht wieder aufheben. Und wie wüchse nicht die Unwahrscheinlichkeit bey einem fließenden an sich bewegten Wasser? Haben also richtig gemachte Versuche gezeigt, daß so wohl der im Wasser

erzeugte Schall sich bis zu der obern Luft fortpflanzet, sondern umgekehrt ein in der Luft erzeugter Ton gleichfals im Wasser gehört worden ist, so fallen aus obiger Betrachtung alle Zweifel gegen die Unelasticität des Wassers weg. Folgende Versuche haben dies entschieden.

Der Abt Nollet [a]) lies sich zu wiederholten Mahlen in die Seine hinab, während daß er im Wasser war, lies er, nach einem abgeredten Zeichen, am Ufer rufen, auf einer Pfeife blasen, mit einer Glocke klingen und eine Pistole losschießen. Deutlich hörete er im Wasser alle diese Töne, nur etwas geschwächt. Aber der Unterschied der Stärke verhielt sich nicht wie die Höhe des über ihm stehenden Wassers. Er hörte nemlich einen Schall oder einen Ton fast eben so stark, da er zwey Fuß Wasser über sich hatte, als da er nur mit wenigen Zollen bedeckt war. Ferner fand er den Ton innerhalb des Wassers mit dem in freier Luft von einer Art. Er hörte z. B. *c*, wenn man *c* blies, und nicht etwa eine Octave tiefer.

Arderon lies so gar Leute bis auf zwölf Fuß unter Wasser tauchen, und sie hörten selbst noch dann das Schießen eines Gewehrs [b]). Nollet sezte sich in ein Gefäß voll Wasser, so daß das Wasser ihm bis über den Kopf ging. Er schlug in diesem Zustande Steine an einander, klingelte mit einer Glocke, und fand diesen Schall außerordentlich stark, besonders fiel ihm das Klappern der Steine sehr unangenehm [c]). Arderon ließ einen Menschen mit einer Glocke unter dem Wasser in unterschiedenen Tiefen klingen. Er

a) Mem. de l'Acad. d. Scienc. d. Paris 1743. p. 287. holl. Ausgabe.
b) Philosoph. Transact. Nr. 486.
c) Nollet Mem. a. a. O. p. 309.

hörte sie am Ufer. Um sich zu überzeugen, ob nicht etwa die im Wasser befindliche Luft die Hauptursache des Schalles sey, reinigte Nollet eine beträchtliche Menge Wasser von Luft, sezte dann in dieses luftleere Wasser einen so genanten Wecker (eine Art Uhrwerk) und fand nicht die mindeste Verminderung in der Stärke des Schalles [d]). Es war nemlich der Schlag des Weckers in dem luftleeren Wasser eben so stark, als in dem unausgepumpten Wasser. Hätte die Luft hier etwas beträchtliches beym Schalle gethan, so würde er wenigstens vermindert worden seyn. Muſschenbroek wiederholte diesen Versuch, und er gelang ihm nicht nur wie dem Abte mit Wasser, sondern noch mit mehreren Flüßigkeiten [e]), aber dem ohnerachtet wendet er nicht, wie Nollet mit Recht thut, diese Versuche zum Beweise für die Elasticität des Wassers an, er scheint wie oben Spallanzani gänzlich gegen diese eingenommen zu seyn.

Endlich scheint auch das Zusammenziehen einer Wassermasse durch die Kälte Elasticität anzuzeigen. Wird eine Thermometerröhre bis zu einer gewissen Höhe mit irgend einem Flüßigen gefüllt, und man sezt sie nachmals in ein Gemisch von Salmiac und Eiß, so zieht sich das Flüßige zusammen, seine Columne wird ansehnlich kleiner. Hierin kömt auch Muſschenbroek [f]) mit dem Bellogradi überein, nemlich daß ersterer selbst dies für einen Beweiß der Condensibilität des Wassers ansieht. Freilich wirkt die Kälte, die die feinsten Theile des Flüßigen durchdringt, ganz anders als Kräfte, die bloß das Aeusere des Wassers angreifen können und eben daher gesteht Muſschen-

d) a. a. O. S. 301 bis 306.
e) Muſschenbr. Introd. ad Philoſ. Natural. T. 2. p. 931.
f) Introd. ad Phil. nat. T. 2. p. 575.

druck dieses Zusammendrücken des Wassers in der Kälte, so zu sagen ausschliesungsweise, zu. Allein da dadurch die Möglichkeit, daß flüßige Körper in einen kleinen Raum zusammengehen können, bewiesen ist, so ist es zu geschwind geschlossen, wenn man dieses nur auf eine einzige Art zu bewerkstelligen möglich glaubt. Also ließe sich überhaupt dem Wasser und verschiedenen andern flüßigen Körpern die Condensabilität nicht absprechen. Das folgende wird zeigen, wie weit wir in dieser schwierigen Untersuchung gekommen sind, und wie viel mehr uns noch unbekant zurück bleibt.

Meinungen der Alten von der Natur des Wassers.

Nicht alle die Meinungen der alten Philosophen von den Elementartheilen des Wassers werde ich hier vortragen; ich müßte verschiedene unnütze Einfälle wieder abschreiben, und da sie, ohne durch Erfahrung und Experimente unterstüzt zu seyn, hingeschrieben sind, so lehrten sie ohnehin nicht viel. Es ist für uns also überflüßig, daß Thales und Democritus das Wasser für die Grundsubstanz aller Körper ausgaben, aber bey der Meinung des Aristoteles müssen wir etwas stehen bleiben. Man könte einigermaßen durch seine Definition des Harten und Weichen [g]) verleitet werden zu glauben, daß er das Was-

g) Aristot. Meteorologicor. Lib. IV. Cap. 4. nach des Vatabels Uebersetz. in der Casaubon. Ausgabe. Aristot. Opp. Omn. Lugdun. 1590. fol. p. 362.

ser für weich hielte, allein er sezt nochmals ausdrücklich hinzu, daß das Wasser nicht unter die weichen Körper gehöre, sondern völlig hart sey. Est autem durum, sagt er, quod in sese non refugit, molle vero, quod in sese non obluctando refugit, aqua namque haud quaquam mollis est, quippe cuius pars summa compressione minime introcedat. Woher er dieses glaubte, ist leicht einzusehen, täglich kommen Beweise der großen Resisstanz des Wassers vor. Wer fühlt nicht die Stärke des fallenden Tropfens? wer nicht den großen Wiederstand, den die Hand, das Ruder oder jeder feste, gegen das Wasser würkende Körper, empfindet? Dies konte also einem Beobachter, wie Aristoteles war, gewiß nicht entgehen. Es scheint wohl nicht, als ob Aristoteles diese Begriffe des Wassers aus Experimenten wüßte, allein auf der andern Seite findet sich dennoch eine Stelle, die etwas dergleichen vermuthen läßt. Er disputirt in seiner Naturlehre über die Art, wie die Zusammendrückung geschehen kan, und bey der Gelegenheit sagt er [h]): Possunt etiam corpora non ob ingressionem in vacuum, sed ob extrusionem eorum, quae in ipsis insunt, densari. Veluti, cum premitur aqua, fit, vt aer, qui in ipsa est, extrudatur. Hier könte man auf die Vermuthung kommen, Aristoteles habe Versuche über diese Zusammendrückung des Wassers angestellt, allein ich glaube dennoch, daß er das Beigebrachte blos als ein Beispiel, welches ihm damals gerade einfiel, angeführt habe, ohne würklich an ein würkliches, durch die Austreibung der Lufttheile verursachtes Zusammentreten des Wassers zu gedenken. Höchst wahrscheinlich hätte er die Versuche bekant ge-

h) Aristot. Phys. Lib. IV. Cap. 7. p. 223. Casaub. Ausgabe.

macht, im Fall er welche gemacht hätte; auch raisonirte man damals mehr in der Naturlehre, als daß man Thatsachen lieferte.

Mit dem Aristoteles scheint sich aber zugleich die weitere Untersuchung der Substanztheile des Wassers zu endigen, die Lateiner schrieben ihn ab, oder sagten nur dem Thales nach, daß das Wasser das Hauptelement sey. Musschenbroek bezeugt, die Alten hätten das Wasser für weich gehalten [i]). Wenn er dies von den ersten Theilen des Wassers versteht, so gestehe ich, daß ich dies nirgend bey den Alten habe finden können. Epicurs Meinung nach dem Vortrage des Lucrez ist, daß das Wasser überhaupt genommen weich sey; allein ausdrücklich beweiset er in folgender Stelle, daß aus dem härtesten Elementartheilgen je nach ihrer verschiedenen Zusammensetzung weiche Körper, z. B. Luft und Wasser, entstehen können [k]).

Huc accedit, vti, solidissima materiai
Corpora cum constant, possint tamen omnia reddi
Mollia, quae fiant, Aer, *Aqua*, Terra, Vapores;
Quo pacto fiant, et qua vi cunque genantur:
Admistum quoniam simul est in rebus inane.

Daher können andere Stellen, worin das Wasser weich genant wird, hier noch commentirt werden [l]). Dies sey genug von den Meinungen der Alten, auch habe ich beym Plinius und Seneca hierüber nichts wesentliches gefunden. Und überdem lehren diese Einfälle nicht viel, weil sie sich nicht auf Versuche gründen.

i) Musschenbr. Introduct. T. 2. p. 576.
k) Lucret. lib. I. v. 566—570.
l) Lucret. lib. I. v. 283.

Franz Bacon.

Mit diesem grösten Manne seiner Zeit fangen die genauern Untersuchungen der Elasticität des Wassers an. Er ist durchaus der Meinung, daß das Wasser sich zusammendrücken lasse. Musschenbroek scheint hieran einigermaßen zu zweifeln. „Bacon," sagt er [m]), „habe in seinem Impetu Philosophico, Seite „702, viele Beweise für die Härte des Wassers bey„gebracht; aber in seinem nouo organo führe er fol„genden Versuch an." Den Versuch werde ich so gleich genauer anzeigen, nur erst, daß Bacon nie die Härte des Wassers im eigentlichen Verstande, sondern jederzeit dessen Elasticität behauptet habe. Auf der von Musschenbroek angeführten Seite des Bacon [n]) stehen freylich Beweise, daß das Wasser sehr starken Wiederstand thut, dies zeigt er durch die Versuche der vom Wasser abprallenden Steine durch die Gegenwürkung des Wassers gegen die darauf schlagende Hand, oder gegen das Ruder eines Schiffes; allein dies alles erklärt er durch die Elasticität des Wassers. So sagt er, z. B. einige Zeilen weiter, liegt die Ursach des, durch das Ruder fortgetriebenen Kahns, bloß in der sich nach dem Druck wiederher-

m) Tentamina Experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento etc. ex Italico in latinum sermonem couuersa. Quibus commentar. et noua experimenta addidit P. *v. Musschenbroek*. Lugduni Batauor. 1731. 4to. p. 65.

n) Bacon. Opp. Omn. translat. oper. S. I. *Arnoldi* Lipsiae 1694. fol. Eben dieser Ausgabe muß Musschenbroeck sich wohl auch bedient haben, weil die Anführungen der Seitenzahlen zutreffen; nur steht in Musschenbroeks zweiten Citat des Bacon ein Druckfehler; statt 290 muß es 390 Seite heißen.

stellenden Gewalt (nemlich des Wassers): Neque enim eius rei causa praecipua est, aqua pone puppim Scaphae se colligens, et Scapham in contrarium protendens, quod ipsum tamen fit a pressura se laxante °). Und das auf eben der Seite vorhergehende Monitum benimt allen Zweifel in Ansehung der damaligen Meinung des Bacon. Es fängt mit diesen Worten an: Motus condensationis in *aqua aut aere* aut similibus, per verberationem siue impulsionem manifestus est. Auch sezt er in dem folgenden das Wasser und Luft als zwey elastische Körper beständig neben einander. Wiederstand müssen aber natürlicherweise alle elastische Körper leisten, und leisten ihn auch ansehnlich. Z. B. Elfenbein, ohne deswegen harte Körper zu heissen. Ich sahe mich genöthiget, dies hier genauer aus einander zu setzen, weil leichtlich ein Leser, der nur den Mußschenbroek, ohne den Bacon selbst nachzusehen, in Händen hätte, durch den Ausdruck des erstern, der ohnehin dem Wasser fast alle Elasticität abspricht, einen wankenden Begriff von Bacons Meinung bekommen könte. Nun der Versuch des Bacons, wodurch er glaubte, nachmals die Elasticität des Wassers bewiesen zu haben.

Er ließ eine hole, ziemlich dicke bleyerne Kugel, in welche ohngefehr zwey Quartier giengen, genau voll Wasser füllen, schmelzte die Oefnung nachmals zu, und hämmerte die Kugel flach. Da sich aber das Flachschlagen nicht weiter treiben ließ, brachte er sie unter eine Presse, und drückte sie noch stärker zusammen. Da nun die Kugel unter allen Körpern den meisten cörperlichen Raum enthält, so folgt, daß durch Veränderung dieser Figur das Wasser in einen kleineren Raum müsse getreten sein. Endlich litte das

°) Bacon Opp. p. 702.

Wasser kein weiteres Zusammenpressen, und drang durch das Bley in Gestalt eines Reifs. Bacon berechnete nachher nun, wie viel der Inhalt der Höhlung durch das Pressen vermindert sey, um so viel glaubte er wäre also die Wassermasse in sich zusammengepreßt. Nach der Uebersetzung des Arnolds heißen die Worte des Bacon also [a]): Fieri fecimus Globum ex plumbo cauum, qui duas circiter pintas vinarias contineret; eumque satis per latera crassum, vt maiorem vim sustineret. In illum aquam immisimus, per foramen alicubi factum; atque foramen illud, postquam globus aqua impletus fuisset, plumbo liquefacto obturauimus, vt globus deueniret plane consolidatus. Dein globum forti malleo ad duo latera aduersa complanauimus; ex quo necesse fuit aquam in minus contrahi, cum Sphaera figurarum sit capacissima. Deinde cum malleatio non amplius sufficeret, molendino sentorculari vsi sumus, vt tandem aqua, impatiens pressurae vlterioris, per solida plumbi (instar roris delicati) exstillaret. Postea, quantum spatii per eam compressionem imminutum foret, computauimus, atque tantam compressionem passam esse aquam (sed violentia magna subactam) intellesximus. Gegen dies Experiment hat man vornemlich folgendes erinnert: Bacon habe ohnmöglich die Kugel völlig genau mit Wasser anfüllen können, theils, weil die an den Wänden der Kugel hangende Lufttheilgen sehr schwer heraus zu bringen seyn, theils, weil er doch bey dem Zuschmelzen einen kleinen Raum für das Loch habe übrig lassen müssen. Es sey also beim Hämmern und Zusammenschrauben die Capacität der Ku-

a) Bac. Opp. p. 390. ich habe mich dieser Uebersetzung durchgängig bedienen müssen, weil ich keine Originalausgabe von Bacons Werken besitze.

gel nur gerade um so viel vermindert worden, als je-
nes zusammen an leerem Raume ausmacht, das Was-
ser hingegen gar nicht zusammengedrückt [a]).

Ich gestehe, dies Experiment nie nachgemacht zu
haben, allein der erste Theil des Musschenbroekschen
Einwurfs trift doch augenscheinlich eben wohl den Flo-
rentinischen, nachmals zu erwähnenden Versuch, und
dem ohnerachtet konten die Florentiner ihre silberne
mit Wasser angefüllte Kugel nicht im mindesten häm-
mern, ohne daß das Wasser nicht augenblicklich her-
aus drang. Beym Zuschmelzen mag Bacon wohl
ein kleines Leeres gelassen haben, aber wenn die ganze
Kugel zusammengepreßt wurde, so mußte dieses Zu-
sammenpressen augenscheinlich mehr betragen, als das
Wenige, was beym Zuschmelzen leer blieb, da hier
das Leere an einem Flecke war, und den gescheuten
Bacon, wann es beträchtlich gewesen, aufgefallen
wäre. Dies läßt sich sicher von einem solchen Manne
vermuthen. Von Luft konte er das Wasser freylich
nicht reinigen, denn eine Luftpumpe hatte er noch nicht,
aber erkälten, und dadurch das Wasser-zusammenzie-
hen, konte er. Dies wäre das, was das Florentini-
sche gegenseitige Experiment voraus hätte.

Indeß kan man dennoch diesem Versuche des
Bacon nicht genau nachspüren, besonders, weil man
die Quantität der Zusammenpressung nicht kent. Er
sagt weiter nichts, als der innere Raum sey kleiner
worden, und daß er diese Zusammenpressung berech-
net habe, ohne einmal die Methode dieser Berechnung
oder Messung anzugeben. Hier könte man sagen
sey vielleicht, besonders wenn das Bley oder die Wände
der Kugel dicke waren, eine Summe Wassertheilgen
durch die Gewalt in das Bley gedrengt, und da die

a) Muschenbroek Tentam. p. 65.

kleinen Oefnungen oder Pori angefüllt waren, mußte es bey weiterm Zusammenpressen endlich durchschwitzen oder durchbrechen. Hätte Bacon gleich nach der ersten Operation, da noch kein Wasser durch das Durchschwitzen verlohren gegangen war, ohne die Kugel weiter flach zu pressen, das Wasser heraus gegossen, und dann gerade dieselbe Quantität Wasser wieder erhalten, so wäre auch dieser Zweifel zu beantworten, wie wir nachmals sehen werden.

Endlich könte man noch einwerfen, daß das Metall, nemlich das Bley, der Kugel nachgegeben habe. Da das Bley würklich eines der weichesten nachgebensten Metalle ist, so wäre diesem Falle nicht genau Genüge zu leisten. Allein da Bacon ausdrücklich sagt, er habe berechnet, um wie viel der Inhalt des Sphäroids (oder eigentlich der durchs Zusammenpressen unregelmäßig flach geschlagenen Körpers) kleiner geworden sey, als der Inhalt der ersten Kugel, so folget wirklich, daß im Fall wirklich das Bley solte nachgegeben haben, es nach geendigtem Versuch durch Elasticität seine vorige Größe wieder angenommen habe. Dieser leztere Fall ist erstlich deßhalb nicht möglich, weil ich nachmals eigene zu dem Ende angestellte Versuche anzeigen werde, die da diese Elasticität selbst bey weit elastischern Metallen, als das Bley, in solchen Fällen sehr unbeträchtlich angeben. Zweitens wiederlegt sich auch dieser Einwurf dadurch, daß denen Academisten von Florenz, und nachmals Musschenbroeken selbst weder mit bleyern, noch zinnern, oder selbst ungleich elastischern silbernen Kugeln nicht ein gleiches wiederfuhr. Sieht man also nicht, wie Musschenbroek ohne Erweis thut, den Baconschen Versuch dadurch als völlig unbelehrend an, daß man dem Bacon Schuld giebt, er habe die Kugel nur so obenhin gefüllt, so bleibt zwar bey diesem Versuche

noch immer verschiedenes unbestimmt, aber eigentlich schienen die beyden Fehler das Experiment am meisten zu treffen; nemlich, daß das Wasser des Bacons nicht luftleer; zweitens, daß es nicht bis zum Frierpunkt erkältet war.

Robert Boyle.

Zuerst nach dem Bacon habe ich Niemanden gefunden, der sich mit diesen Untersuchungen beschäftiget hätte, als seinen Landsmann, den berühmten Boyle. 1661 machte er zum erstenmahl seine Untersuchungen über die Luft unter dem Titul: Phisico mechanical Experiments upon the Spring and Weight of the Air, bekant, wenigstens sagt dies der Herausgeber der Auszüge seiner sämtlichen Werke [a]), Peter Shaw. Aber ich finde, daß Boyle zu Ende seiner vortreflichen Schrift an einen Herrn von Dungarvan 1659 datirt hat; also wären die Versuche, welche ich hieraus beybringen werde, schon vor oder in diesem Jahre gemacht. Ich muß hier erinnern, daß man den Hauptversuch mit dem Wasser, der hieher gehört, gar nicht beym Shaw findet. Da er alles zusammen zog, so muß dies Experiment ihm unbedeutend vorgekommen seyn, da es doch das einzige unter den übrigen ist, was gerade zur Sache geht. So wenig kan man sich oftmals auf die Herausgeber und Abkürzer fremder Schriften verlassen! In der lateinischen Uebersetzung einiger Schriften des Boy-

a) The philosophical Works of the honourable Rob. Boyle abrigd, methodized and disposed under the general Heads by Peter Shaw London 1738. 3 vol. 4to. 1 T. p. xxx. der Vorrede.

le [b]) findet sich dieser Versuch auf der fünf und funfzigsten Seite also beschrieben; ich setze das ganze zwanzigste Experiment her, weil es mehr hiehergehöriges enthält.

Experimentum XX.

Aerem praeditum esse insigni vi elastica (vndecunque proueniat) abunde a nobis euictum arbitror, coepitque iam a praestantissimis physiologorum recentiorum agnosci. In aqua tamen vel languida eiusmodi vis sit necne, vix ad huc perpensum videtur et nondum (Als wenn Bacons Versuch dem R. Boyle gar nicht bekant gewesen wäre, da doch das Baconische Experiment mir treffender scheint, als die des Boyle.) Quod potissimum nos adduxit ad faciendum hoc sequens Experimentum. Sumpta est vitrea bulla ampla, oblongo collo (quam Chemici Ouum philosophicum adpellare solent) quae repleta aqua communi, donec liquor Spithamam altior bulla euaserat; charta dein illi agglutinata, ipsa aperta immittabatur in Recipiens; atque aer vsitato modo exsugebatur. Euentus sic se habuit: bona pars aeris in Recipiente inclusi prius exhausta est, quam vllam aquae expansionem animaduertere potuimus. Operariis autem antliam iugiter exercentibus, visa est tandem aqua adscendere in collo vitri, et variae bullae ab inferioribus vasis partibus sese soluentes, viam fecerunt per corpus aquae ad summam eius partem, ibique in Recipiens irruperunt; et simulac aqua intumescere coepit, tunc quoties Verticillum in Epistomio versum est ad euacuandum aerem e Recipiente in Antliam, aqua in

b) Rob. Boyle Opera varia. Geneuae ap. S. de Tournes 1677. 4to.

collo vitri, ſeſe ſubito ad grani hordacei latitudinem erexit, atque ita paulatim praedicta meta aliquanto altior euaſit. Et tandem (vt manifeſtior fieret aquae expanſio) externus aer iuſſu noſtro derepente eſt introductus, quo facto confeſtim aqua ſubſedit, illudque omne Spatium, quod in vitro acquiſierat, deſeruit.

Atque hac occaſione haud abs re forſam erit Te certiorem facere de altero quodam experimento (licet prius in aliis chartis alioque inſtituto illud memorauerimus) quod duobus aut tribus abhinc annis adhibuimus ad explorandum, ſit in aqua elater necne. Eodem tempore inſignis ille et perquam doctus empiricae philoſophiae fautor D. *Wilkinſius*, vna cum amicis quibusdam curioſis me inviſere dignabatur; tumque ad manus mihi erat vas rotundum et cauum ex plumbo cinereo conflatum, duarum aquae librarum ſatis capax, et accurate clauſum vndique, relicto tantum vnico eoque perexiguo foramine, quo impleretur; tum partim exſugendo aerem, tum iniiciendo aquam ope ſyringis iniectorii non ſine aliqua difficultate implebatur; et per foramen, quod ſuperiori eius parte continebatur, plus ad huc aquae, inſtrumenti ſupra memorati ope, paulatim iniectum eſt. Quo facto, vaſe licet quieſcere permiſſo, et foramine in ſuperiori ſua ſede adhuc manente, compreſſa tamen aqua, pedetentim ſupra orificium foraminis intumuit, et variae guttae per vaſis latera effluxerant.

Poſtea effecimus, vt peritus Stannarius (qui globum illum conflauerat) coram nobis, adeo exquiſite ferrumine ſuo occluderet, vt nemo ſuſpicaretur, aliquid, praeter aquam intus relictum eſſe. Poſtremo vas ita ferrumine occluſum caute et ſae-

pius ligneo malleo in variis locis percussum fuit, quo liquidum, atque aqua inclusa in angustiorem locum coarctabatur, quam quem antea occupauerat; atque ita cum arrepta acu, mallei impulsu perforassemus vas, et dein acum extraxissemus, aqua, (sed non nisi tenuissimo riuulo) proiecta est in aerem ad altitudinum duorum aut trium pedum. Hier sind also, nach Boylens Meynung, drey verschiedene Versuche, welche die Elasticität des Wassers zeigen sollten. Das erstere beweist nun freylich eben nichts weiter, als daß die Atmosphäre auf das Wasser drückt, und daß die Luft elastisch sey, so bald nemlich ihr Druck durch die Luftpumpe weggenommen wird, können die im Wasser befindlichen Luftblasen sich frey entwickeln, wie dies anjetzo jedermann weiß, der je eine Luftpumpe hat wirken sehen. Das zweyte Experiment ist mir zum Theil wirklich unbegreiflich. Wie konnte es doch Boylen einfallen, das bey noch offener Kugel aus der Oeffnung heraustretende und an der Kugel herunter laufende Wasser, für eine Wirkung der Zusammendrückung auszugeben? Denn die Oeffnung mochte so enge seyn, wie man sie nur immer annehmen kann, so quoll doch jederzeit das Wasser dahin, wo es den geringsten Widerstand fand. Auch bey grosser Oeffnung treten ja, wenn man ein Gefäß anfüllt, einige Wassertheile über die Fläche des Gefäßes, und bleiben in dieser Höhe durch Cohesion stehen, ohne sogleich überzulaufen. Wenn aber erst, nachdem die Operation vorbey war, einige Tropfen überliefen, so ist es allerdings möglich, daß sich nach und nach Lufttheilchen aus den untern Theilen der Luft hervor drängten, die Cohesion überwältigten, und diese wenige obern Wassertheile herabwarfen. Aber der dritte Versuch, da er nemlich eine zinnerne Kugel mit Gewalt vermöge einer Sprütze übermäßig mit

Wasser angefüllet hatte, und nachdem sie genau verschlossen war, aus einer sehr kleinen mit einer Nadel gemachten Oeffnung das Wasser wie aus einer Fontaine hervorspringen sahe, scheint wichtiger zu seyn, denn man könnte hier wirklich auf die Gedanken kommen, das aus der durch die Nadel gemachte Oeffnung mit Gewalt herausspringende Wasser sey durch die Elasticität der mit Gewalt zusammengepreßten Wassermasse fortgetrieben. Musschenbroek ist gänzlich der Meynung, daß dieses Hervorspringen lediglich der Elasticität des Zinns zuzuschreiben sey [c]). Die zinnerne Kugel sey nemlich durch das mit Gewalt hineingetriebene Wasser ausgedehnt, das Metall habe sich also wegen der Härte des Wassers ausgedehnt erhalten, bis daß diesen letztern durch die Oeffnung mit der Nadel Platz gegeben, da denn die Elasticität der sich zusammenziehenden Wände der Kugel das Wasser fortgetrieben hätten. Auch glaubt Musschenbroek, es wären die Theile des Metalls durch das Hineintreiben oder Stoßen der Nadel noch mehr gespannt, und hätten also nachmals desto stärker gewirkt.

Ich muß gestehen, daß mich der Anfang dieses dritten Boylischen Versuchs nicht wenig befremdet; denn ich begreife noch nicht, wie man ein Gefäß, das völlig mit Wasser angefüllt war, mittelst einer Sprütze noch weiter mit Wasser vollstopfen, oder mehr Wasser hineintreiben kann, als es durch bloses Hineingiessen enthält; denn so verstehe ich die Boylische Erzählung, und Musschenbroek nimmt dieses auch an, ohne dieser Schwierigkeit zu gedenken. Gesetzt auch, er konnte, wenn das Gefäß voll Wasser war, durch die Stärke der Sprütze und seiner angewandten Kraft noch mehr hineintreiben, so mußte er doch die Sprütze zurück-

c) Musschenbroek Tentam. p. 65.

nehmen (denn sie mußte augenscheinlich bis in das Gefäß gehen, sonst wäre ja das Wasser vorhero schon übergeflossen), um die Oeffnung, wodurch es angefüllt war, zu verlöten. Es sey dies so schnell als möglich geschehen, so war doch ein Augenblick, da das mit Gewalt hineingepreßte Wasser ohne Widerstand, und wenn es denn auch elastisch war, so trieb eben diese Elasticität es in dem Augenblick zu dem Loche, es mochte so klein seyn, als es wollte, heraus. Ich sehe also nicht ein, wie mehr darin bleiben konnte, als gerade so viel, um das Gefäß genau auszufüllen. Aber so viel richtete Boyle mit seiner Vorsicht aus, daß die Kugel so genau als möglich ausgefüllt wurde, und durch das Aussaugen wenige Luft zurückblieb. Wird dies zugegeben, so scheint wirklich der Versuch seiner Absicht ziemlich zu entsprechen; denn das Wasser wurde durch das Hämmern allerdings in einen kleinen Raum gebracht. Was aber die Elasticität des Zinns anlangt, so traue ich der nicht viel zu. Denn ob gleich jedes Metall einen gewissen Grad von Elasticität besitzt, so kann ich hierauf nur eben das wiederholen, was ich bereits bey dem Baconischen Versuch gesagt habe, obgleich freylich dorten nur von einer bleyernen, weniger elastischen Kugel, als der Boylischen, die Rede war. Aber alles zugegeben, so ist doch jener Einwurf zu Gunsten des Baco und Boyle, nemlich warum geschah nicht eben dergleichen auch bey ähnlichen Versuchen des Musschenbroek und anderen? In so weit ist mir dieser Boylische Versuch doch wenigstens nicht so gerade zu ganz verwerflich, besonders, da er durch das Aussaugen der Luft genauer wird, als der des Bacon.

Honoratus Fabry.

Ich kann nicht genau sagen, wie viel Versuche dieser französische Mathematiker, der bis zu Ende des 17ten Jahrhunderts lebte, für die Compressibilität des Wassers angestellt hat. Ich habe seine Naturlehre, die aus fünf Bänden bestehen soll, nicht habhaft werden können. Musschenbroek bezeugt [d]) aus dieser Physik Tractat. 5. Phys. lib. 2. de Elementis Prop. 217. daß Fabry einen gleichen Versuch, wie Boyle, mit einer bleyernen Kugel angestellt habe; ob vor, oder wie es mir wahrscheinlich scheint, nach Boylen, weiß ich nicht. Genug, der Versuch ist dem Fabry gelungen, und er hat daher die Elasticität des Wassers gegen Magiottum heftig vertheidiget. Musschenbroek traut der Genauigkeit des Fabryschen Versuchs nicht. Ich kann hiezu aus Unkenntniß des Autors gar nichts sagen.

Johann Baptist du Hamel.

Mit Recht lasse ich diesen der Florentiner Academie, eben wie den vorigen und nachfolgenden vortreten; denn die Schriften des du Hamel erhielten schon 1658 ein Königliches Privilegium [a]), aber sein hieher gehöriger Versuch kommt erstlich in dem Buche de Consensu veteris et nouae Philosophiae

d) Musschenbr. Tentam. p. 66.
a) Extrait du Privilege du Roy, auf der letzten Seite des besonders gedruckten Buchs de consensu etc. Rothomagi 1675. 8vo.

vor, und dies wurde uur 1675 zum ersten male gedruckt. In so ferne müßten freylich die Florentiner vorstehen, aber einmal erwähnt du Hamel ihrer nicht, und zweytens wollte ich diesen Schriftsteller nicht theilen.

In seiner allgemeinen Naturlehre (Phys. general. Tractat. prim. Cap. IV. p. 91. des Nürnbergischen Nachdrucks seiner Werke T. I. 1682.) ist du Hamel noch allerdings der Meynung gewesen, daß das Wasser sich zusammendrucken lasse. Er führt hier den Versuch des Fabry als einen Beweis für diese Eigenschaft des Wassers an. Aber nachmals bringt er in seinem Buche de consensu vet. et nou. Philos. lib. 3. Cap. IV. pag. 433. der angeführten Ausgabe oder S. 740. des zweyten Theils seiner Werke, Nürnb. Nachdruck) folgenden Versuch gegen die Compressibilität des Wassers bey: Imple tubum ferreum aqua, et embolum vel cochleam impone, hanc intra tubum adiges nunquam. Dies sind die Worte des du Hamel, welche bey dem Musschenbroek [a]) mehr umschrieben stehen. Denn letzterer sagt, daß wenn man entweder eine eiserne oder kupferne Röhre genau mit Wasser anfüllet, und einen Stämpel hinein zu treiben sucht, so wird dieser nicht im mindesten hinein dringen, weil das Wasser mit beynahe unendlicher Stärke widersteht, resistente viribus fere infinitis aqua. Nachmals wird es sich zeigen, in wie weit diese Behauptung gegründet sey, wenn der Versuch mit hinreichend starken Kräften und genau gearbeiteten Instrumenten vorgenommen wird.

Wilhelm von Stair, ein englischer Staatsrath unter Karl dem zweyten, schrieb 1681 eine Physik; sie kam 1686 unter folgendem Titul in Holland latei-

a) Tentam. p. 67.

nisch heraus: Physiologia noua experimentalis, in qua generales notiones Aristotelis, Epicuri et Cartesii supplentur etc. Lugduni Batauor. 1686. 4to. Hierin nimmt er Seite 369 an, daß das Wasser allerdings elastisch sey; diese Elasticität rühre von dem im Wasser enthaltenen Aether her. Es sey deswegen weniger elastisch, als die Luft, weil diese mehr Aether enthalte. Er führet einen Versuch aus du Hamel an, den ich nirgend beym du Hamel habe finden können; nemlich du Hamel rede von einer goldenen Kugel, welche, nachdem sie mit Wasser angefüllt worden, nicht habe zusammengedrückt werden können. Es kann seyn, daß ich dies beym du Hamel übersehen habe, ob ich gleich dessen Werke ziemlich genau durchgegangen bin. Aber weder in seiner Physik, noch in der eben angeführten Abhandlung gedenkt er dieses Versuchs, und da wäre doch der Platz dazu gewesen. Boerhave [a]) führt diesen Versuch des du Hamel gleichfalls an, doch eben wie Stair, den er auch kurz vorher citirt, nemlich ohne anzuzeigen, an was für einem Orte der du Hamelschen Schriften sich der Versuch finde.

Colbert.

Nur aus dem Stair und Boerhave (welcher letztere, wie es scheint, nur den ersten nachgeschrieben hat) kenne ich diesen Mann. Ich stehe also nicht davor, daß dies gerade, der Chronologie gemäß, sein rechter Platz sey. Er hat eine allgemeine Physik geschrieben. Im dem 4ten Capitel des erstern

a) Boerhaue Elem. Chymiae T. I. p. 563.

Theils dieses Buchs soll, nach dem Zeugniß des Stairs und Boerhave, ein Versuch von einer bleyernen Kugel beygebracht seyn, der völlig dem Boylischen ähnlich sieht, auch mit gleichem Erfolg die Compressibilität des Wassers bewiesen hat. Ich habe sonst nirgend etwas von diesem Colbert antreffen können, vielleicht ist es der Versuch des Fabry, oder der Fabrysche gehört vielleicht dem Colbert. Uebrigens muß ich hier anmerken, daß die Versuche dieser drey leztern, nemlich Fabry, du Hamel und Colbert, beynahe der Zeit nach mit den folgenden wichtigern und genauern mögen zusammen gefallen seyn, doch kann ich es nicht genau entscheiden.

Die Academie del Cimento von Florenz.

Ich komme hier zu denjenigen Versuchen, welche, dem Mußchenbroek, Boerhaw, Spallanzani zufolge deutlich beweisen, daß das Wasser keiner Zusammenpressung, durch menschliche Kräfte fähig sey, und überhaupt keinen sichtlichen Grad von Elasticität habe. Da diese Versuche, so viel ich weiß, nirgend im Deutschen, oder wenigstens deutsch geschriebener Naturlehren vollständig bekannt gemacht sind, denn die meisten, z. B. Wolf, Hamberger, Krüger, Winkler, Eberhard und Erxleben, haben fast blos die Resultate davon angezeigt, so setze ich sie wegen ihres großen Rufs ganz her, und habe eben deswegen die dazu nöthigen Kupfer beygefügt. Das Werk, worin die Academie ihre merkwürdigen Versuche beschrieb, kam zum erstenmal 1661 unter dem Titul: Saggi di naturali Esperienze, fatte nell' Academiu del Cimento, sotto la protezione dell Sereniſſimo Prin-

cipe Leopoldo di Toscana et descritte dal Segretario di essa Academia in Firenze, in folio heraus; also waren diese Versuche wenigstens schon vorhero gemacht, und vielleicht zu gleicher Zeit mit den Boylischen Versuchen, ob es gleich gewiß scheint, daß Boyle sie damals nicht gekannt hat. Nachmals kam 1691 eine zweyte Ausgabe davon heraus; dieser bediene ich mich. Sie ist eben so prächtig gedruckt, als die erste, hat auch alle die Kupfer zum Ueberfluß vielfach bey jeder Seite, um den Leser das Umschlagen zu ersparen; bey dieser unterzeichnet sich der Secretair nach der Dedication G. F. *Cecchi*. Es scheint in dieser zweyten Ausgabe keine Veränderung weiter vorgegangen, wenigstens trifft die Uebersetzung, welche Muſſchenbroek nach der erstern Ausgabe gemacht hat, so weit ich sie verglichen, mit der zweyten Ausgabe überein. Die Versuche will ich mit eigenen Worten der Verfasser hersetzen, aber dann keine wörtliche Uebersetzung davon geben, sondern nur um einiger Leser willen, die darin enthaltene Sachen kurz, aber richtig anzeigen.

Esperienze intorno alla Compressione dell' Acqua p. 197.

Prima Esperienza. Tab. I. Fig. I.

Sieno all' estremita de' due cannelli di cristallo *AB*, *AG*, due palle parimente di cristallo, l'una maggiore dell' altera. Empiansi ambedue questi vasi d' acqua commune fino in *DE*, ad annestandogli insieme alla lucerna savverta a lasciar libere nella saldatura il passaggio all' aria e a tirar piu longo ché sia possibile il beccuccio *AF*, il quale si lascia aperto. Di poi s' applichino a tutt' e due le palle, due bicchieri pieni di ghiaccio sminuzato

in cui rimangono sepolte perche ristrignendosi l'acqua, entri nel vano del cannello si vada per un pezzo strofinando esteriormente con pezzuoli di ghiaccio tutto il sifone DE acciochè ristrignendosi di man in mano per opera del freddo l' aria, che v' entra dall' orifizio F, ne venga successivamente della nuova, sicchè sigillandolo poi alla fiamma, vi rimanga stivata e stretta. Sigillato ch'ei sarà, si cavi di sotto' l ghiaccio la palla B, e temperatala prima nell' acqua tiepida, si tuffi nella calda, e da ultima nella bollente, seguitando pero a tener sempre immersa la palla C nella ghiaccio, per trattener l' acqua di essa in istato di massimo ristrignimento. Sia questo nel punto E oltre il quale cercherà di comprimerla il cilindro d' aria, GE, ri dotto all'estrema densita dalla forza dell'acqua sormontata in G, per la rarefazione operata in lei dal calor dell' acqua, che si suppone bollire attualmente intorno alla palla B. Ora se l' acqua patisce compressione, dovera cedere di qualche grado al cilindro d' aria premente, abbassandosi sotto il punto E; Ma a noi è succeduto altrimenti, perche quando l' acqua in E, è stata veramente ridotta allo stato del suo massimo ristrignimento, la forza dell' aria GE premente non à guadagnato nulla; e innanzi a fatto crepar il fondo della palla C, che ritirare un pelo il livello E. E quando per accrescer maggior fermezza allo strumento, abbiamo fatte le due palle di rame, nondimeno l' acqua della palla C à retto tralla saldezza del metallo, e' l momento della forza premente con insuperabile resistenza in E, facendo piu tosto scoppiare il si fone, il quale per iscoprire gl' interni movimenti dell' acqua non si puo far d'altro che di cristallo, e s' annesta perfettamente al

rame col mastice, o colla solita mestura a fuoco.

Seconda Esperienza. Tab. 1. Fig. 2.

Sia un vaso di vetro come AB, di tenuta intorno a sei libbre d' acqua, e capace nella sua bocca, d' una canna di cristallo, rinforzato esteriormente con uno fasciatura di piomte serratale squisitamente all' intorno, per difenderla dalla scoppiare. Empiasi d' acqua il vaso fino al livello CD ed immersavi la canna EF aperta sotto, e sopra si saldi nella bocca A col solito stucco, avvertendo a fermavela alquanto, sollevata dall fondo FB, onde un liquore che in lei si versi possa liberamente scolar nel vaso. Allora si cominci a mescere argento vivo giù per la canna, per la quale derivando nel vaso, si levera l' acqua in capo, e sollevandola (poiche l' aria AD a l' esito pe' l beccuccio CH) empirà interamente il vaso tutto, facendola spillare per l' orifizio H, il quale serrisi allora colla fiamma, notando nell' istesso tempo a qual grado sia pervenuto l' argento col suo livello IK. Infondosi poi nuovo argento, si finisca d' empier la canna; che se l' acqua per total forza vorrà comprimersi, di man in mano che l' altezza va crescendo si vedra sollevare il livello IK, cedendo l' acqua per la compressione. Noi per un carico d' ottanta libre d' argento distese in braccia quattro di canna (che tanto ne potè portare il nostro strumento senza fiaccarsi) non abbiam veduto acquistare al livello IK dell' argento quant' e un capello, resistenda l' acqua ostinatamente all' energia di quel gran momento.

Terza Esperienza. Tab. 1. Fig. 3.

Facemmo lavorar di getto, una grande ma sottil palla d' argento, e quella ripiena d' acqua raffreddata col ghiaccio serrammo con saldissima vite. Di poi comminciammo a martellarla leggermente per ogni verso, onde ammaccato l' argento (il quale per la sua crudezza non composta d' assottigliarsi, e distendersi come farebbe l' oro raffinato o il piombo o altro metallo piu dolce) veniva a ristrignersi e scemare la sua interna capacita, senza che l' acqua patisse una minima compressione, poiche ad ogni colpo si vedea trasudare per tutti i pori del metallo a guisa d' argento vivo, il quale da alcuna pelle premuto minutamente Sprizzasse.

Ecco quanto da queste tre esperienze abbiamo saputo raccorre. Se poi replicate le medesime dentro a' vasi di maggior resistenza, e se crescendo nella prima la rarefazione dell' acqua, e si la premente forza dell aria, nella seconda l' altezza del cilindro dell' argento vivo, e nell ultima facendo successivamente piu, e piu ricca d' argento la grossezza della palla, sarrivasse una volta a comprimer l' acqua, ciò non possiam noi dire. Questo è infallibile, che l' acqua in paragone dell' aria resiste, per cosi dire, per infinite volte piu alla compressione, il che conferma ciò che se detto de principio, che quantunque l' esperienza non giunga sempre al l' ultima verita ricercata, vuol ben dir cattivo, che alcun piccolo lume non ne dimostri.

Der erste Versuch ist also kürzlich dieser: Zwey Glasröhren, jede mit einer Kugel *B* und *C* versehen, wovon *C* die kleinere ist, wurden, nachdem sie bis *D* und *E* mit Wasser gefüllt worden, am obern Ende

(der innern Oeffnung oder der Höhlung der Röhre unbeschadet) zusammengeschmolzen. Um Luft hinzu zu lassen, machte man eine hohle offne Spitze *AF*. Beyde Kugeln wurden nicht nur in Eis gesetzt, sondern die Röhren auch mit Eis gerieben, damit das Wasser und die Luft sich zusammenzögen, und dadurch so viele Luft als möglich durch die Spitze *AF* hineingienge. Nachmals schmelzete man die Röhre *AF* zu, nahm die größere Kugel *B* aus dem Eise heraus, und setzte sie zuerst in laulicht, dann in wärmeres und endlich in kochendes Wasser, während daß die Kugel *C* beständig im Eise stehen blieb, um das darin enthaltene Wasser in der größten Verdichtung zu erhalten. Stand nun das Wasser der Kugel *C* bis *E*, so mußten die Dünste des in der Kugel *B* kochenden Wassers sich mit großer Gewalt ausdehnen, um es unter *E* gegen *C* hinunter zu drücken; allein dies geschah nicht, sondern der Druck zerbrach vielmehr den Boden der Kugel *C*; und als man zwey kupferne Kugeln auf eben die Art mit einer Glasröhre vereinigte, so preßte die Stärke der sich ausdehnenden Dünste das Wasser der Kugel *C* durch die Lötung des Metalles, und zersprengte endlich die Glasröhre.

Musschenbroek [a]) bestimmt nach von ihm angenommenen Maaßen für die Röhre, die Kraft, mit welcher die Dünste gegen die Seiten der Glasröhre, und auch gegen das Wasser gewirkt haben, auf hundert und achtzehen Pfund. Allein die Resistenz des Wassers ist hier augenscheinlich viel größer gewesen. Denn wenn man auch eine noch so dünne Röhre annimmt, so giebt selbst die Figur der Kugel, so sich bey der Originalausgabe der Florentinischen Versuche findet, daß der Durchmesser mehr als einen halben Zoll

a) Tentam. p. 63.

gehalten habe, und dann wirkte die Wassermasse von C an gerechnet nach der Grundfläche und Höhe, wie aus der Hydrostatic bekannt ist. Dann aber wäre jene Kraft, welche hinreichte, die gläserne Röhre zu zerbrechen, bey weitem noch nicht groß genug, die Wassermasse auch nur im mindesten sichtlich zu verringern. Ueberhaupt geben zusammengelötete Instrumente, an dem Ort ihrer Zusammenlötung nach, wie es hier geschah. Im Ganzen läßt sich auch bey diesem Versuche fast gar keine Rechnung oder Bestimmung der Kräfte anbringen, weil die Florentiner alles unbestimmt angegeben haben. So viel sieht man aber dennoch, daß die Gewalt der Resistenz des Wassers viel größer gewesen ist, als man sie aus seiner Dichte, verhältnißmäßig gegen die Luft, vermuthen konnte.

Bey dem zweyten Versuche wurde das Glas AB (zweyte Figur), welches bey A mit einer langen offnen Röhre versehen ist, und durch eine bleyerne Platte genau verschlossen war, bis CD mit Wasser gefüllt. Man goß durch die Röhre, die beynahe bis an den Boden des Gefäßes trat, eine ansehnliche Masse Quecksilber; dies trat unter das Wasser, wodurch zugleich die Luft aus der mit Bedacht offen gelassenen Glasspitze H heraus getrieben wurde. Sobald das Wasser durch seine Erhebung alles angefüllt hatte, wurde diese Oeffnung H zugeschmolzen. Man fuhr nun fort mit dem Zugiessen des Quecksilbers, so, daß es bis achtzig Pfund betrug. Selbst dieser starke Druck war nicht im Stande, die Höhe des Wassers bey IK auch nur um ein Haar breit zu verringern, oder die Wassersäule IKA um eine solche Quantität zusammen zu drücken.

Da das Gefäß sechs Pfund Wasser hielt, so hatte es (obgleich die Höhe AB nicht angegeben ist) doch

gewiß mehr als einen halben Zoll im Durchmesser; wie viel aber erfordert wird, eine solche Columne Wasser sichtlich zusammen zu pressen, werden unsere Experimente mit der Abischen Maschine lehren. Achtzig Pfund sagen, diesem und selbst dem Cantonschen Versuche zufolge, nichts gegen die Resistenz des Wassers.

Das dritte Experiment ist das bekannteste. Nemlich eine dünne große von Silber gegossene Kugel wurde genau mit Wasser, welches durch Eis kalt gemacht war, angefüllt. Nachdem die Oeffnung auf das sorgfältigste verschlossen worden, hämmerte man die Kugel, um dadurch das Wasser in einen engern Raum zu zwingen. Statt dieses gehofften Endzwecks drang das Wasser bey jedem Schlage durch die Poros des Metalles, wie Quecksilber, das durch Leder gepreßt wird.

An diesem Versuche ist verschiedenes auszusetzen, denn erstlich war das Metall dünne, und riß daher leichtlich; hierüber werde ich bey Gelegenheit der Holmannischen Versuche mehr beybringen. Zweytens kannten die Florentiner damals schon die Boylische Luftpumpe, hatten auch ein ähnliches Instrument bey unterschiedlichen ihrer übrigen Versuche gebraucht [b]), und hätten daher leicht auch hier das Wasser von Luft reinigen können. Es gehört indeß noch nicht hieher, zu zeigen, daß diese Unterlassung vielleicht noch nicht so beträchtlich gewesen ist, als man es sich vorstellt; aber daß die Dünne der silbernen Kugel allerdings den Versuch hat mißglücken lassen, gestehen sie in dem Zusatz beynahe selbst. Man wird nachmals sehen, wie stark ein Metall seyn muß, wenn es die gewaltsame Resistenz des Wassers überwältigen soll, und

b) Saggi p. 77. u. f.

dann wird es sich von selbst ergeben, daß diese dünne silberne Kugel bey weitem nicht zu der Absicht hinreichte. Die ähnlichen Versuche des Muſſchenbroeks kommen sogleich vor.

Franciscus Tertius de Lanis.

De Lanis Magisterium naturae et artis Brixae 1685. fol. enthält im zweyten Bande Seite 176. und folgende, viel über die Zusammendrückung des Wassers. Er nimmt aber jederzeit an, daß die Compressibilität verschiedener Flüssigkeiten sich umgekehrt verhalten, wie ihre specifischen Gewichte. Daraus berechnet er die Höhe des Flüssigen für einen gegebenen Druck. In wie weit dies statt finde, werde ich nachmals genauer betrachten. Auch werde ich vorjetzt seine Meynung von der Art und Weise, wie das Zusammendrücken geschehe, nicht genau untersuchen. Er glaubt nemlich, daß das Zusammendrücken, besonders der Flüssigkeiten, nicht daraus entstünde, daß sich ihre Theile durch den Druck einander mehr näherten, sondern es geschehe durch ein Herauspressen irgend einer sehr feinen Materie (bey ihm des Aethers, den er gänzlich incompressibel annimmt, Prop. XV. S. 177.) hervorgebracht würde. Aber der Versuch, den er als eine wichtige Verbesserung der Florentiner Experimente S. 152. angiebt, gehört hieher. Er ist folgender.

In einen gläsernen mit Wasser gefüllten Cylinder oder Röhre *A. B* setze man eine oder mehrere Glaskugeln, deren specifisches Gewicht dem des Wassers gleich ist, oder dasselbe nur um ein sehr geringes übertrifft. Sie werden also in dem Wasser schwimmen, oder nur mit sehr geringer Kraft daher langsam gegen

B sinken. Man verschließe die Oeffnung des Cylinders bey *A* mit einer Blase, und drücke sodann stark gegen diese Blase etwa mit dem Daumen. Durch diesen Druck wird das Wasser zusammengepreßt, und specifisch schwerer. Da nun die vorhin um ein geringes schwerere Kugeln in dem leichten Wasser zu Boden sanken, so müssen sie in dem durch den Druck specifisch schwereren Wasser in die Höhe, von *B* nach *A*, steigen. Dies hat dem De Lanis aber niemals glücken wollen.

Wird auch auf diese Art wohl keinem andern glücken; denn was sind da alle für Fehler wirklich und möglich? Erstlich ist ja der Druck des Fingers ein unendlich Kleines gegen die Resistenz des Wassers, wie die nachfolgenden Versuche ergeben. Wenn aber der Cylinder genau angefüllt und die Blase so fest gebunden ist, daß sie sich neben der Höhlung des Drucks, rund um den Finger, gar nicht in die Höhe geben kann, so ist es nicht möglich, die Blase beträchtlich einzudrücken, eben wegen der Resistenz des Wassers. Ferner, gesetzt es wäre dies einmal möglich, wären diese dünnen hohlen Kugeln nicht durch den Druck des Wassers leicht zersprengt? Dann gehört auch ein Zufall dazu, den Kugeln gerade das zu dem Versuch gehörige Gewicht zu geben; denn um wie viel wird durch den Fingerdruck das Wasser specifisch schwerer? Endlich konnte doch auch selbst das Gefäß gerade um ein so unendlich Kleines nachgeben oder elastisch seyn, als der unendlich kleine Druck die Wassersäule *AB* verkürzte.

Wären, wie de Lanis will, dergleichen Kugeln in den Röhren bey den Florentinischen Versuchen gebraucht worden, so wäre freylich eher eine mögliche Brauchbarkeit herausgekommen, aber sie wären leicht

zersprengt worden und hätte denn auch nichts mehr gelehrt.

Bey einem Italienischen Wetterglässermacher erinnere ich mich, eine gewisse Art so genannter Thermometer gesehen zu haben. Sie bestanden aus einer gläsernen versiegelten, zum Theil mit Wasser angefüllten Flasche; in dem Wasser schwammen hohle Glaskügelchen. Je nachdem die Flasche warm oder kalt wurde, erhoben oder senkten sich die Kugeln; ohnstreitig weil die hervortretenden Luftblasen sich an die Kugeln hiengen und sie in die Höhe trieben. Im Ganzen war das Ding nicht viel werth, aber man könnte einige Aehnlichkeit mit dem de Lanischen Einfalle darin finden.

Georg Erhard Hamberger.

In der Ausgabe seiner Physic [a]) von 1727, Seite 171, findet sich folgender hiehergehöriger Versuch. Die bey C verschlossene Röhre ABC (5te Fig. 3te Taf.) werde von *B* bis *C* mit Wasser angefüllt; von *A* bis *B* mit Quecksilber. Es drang dann kein Quecksilber in den Arm *BC*. Da man den Theil *AB* der Röhre willkührlich lang machen kann, und die specifische Schwere des Quecksilbers zu dem Wasser sich verhält, wie 1 zu 14, so muß der Druck des Quecksilbers gegen das Wasser sehr ansehnlich seyn, und also des letztern Resistenz sehr groß. Weiter unten kömmt Nollets gleiches Experiment vor, da werde ich die Stärke dieses Drucks zu bestimmen suchen. Ich wundere mich, daß Hamberger keine ge-

a) G. E. Hambergeri Elementa Physices Ienae 1727. 8vo.

naue Bestimmung angegeben hat; doch hat er es wahrscheinlich in den Vorlesungen selbst gethan.

Peter van Musschenbroek.

Die Versuche, welche dieser vorzügliche Naturforscher über die Compressibilität des Wassers angestellt hat, finden sich besonders in den Zugaben zu der Uebersetzung der Florentiner Experimente. Diese Uebersetzung kam zwar nur erst 1731 heraus [a]), aber da Musschenbroek auf der 69 Seite sagt, er habe seine Versuche verschiedentlich seinen Zuhörern in Utrecht gezeigt, so mögen sie wohl im Alter nicht weit von den Hambergischen entfernet seyn. Er experimentirte sehr genau, daher muß sein Zeugniß vielgeltend seyn.

Die Versuche sind den Baconschen ähnlich. Zwey Kugeln, eine zinnerne und eine bleyerne, deren Durchmesser drey Zoll und Dicke des Metalls drey Decimallinien war, hatten an einer Seite eine kleine metallene Röhre mit einer geringen Oeffnung. Diese Kugeln füllte Musschenbroek sehr genau mit Wasser, welches unter der Luftpumpe von Luft gereiniget und dabey beträchtlich kalt war. In die Röhre ward sodann ein bleyerner oder zinnerner Zapfen hineingetrieben, wodurch alsdenn alles, so genau als möglich, von Luft befreyet, und mit Wasser gefüllt blieb. Nachdem dies mit großer Vorsicht geschehen, wurde die Oeffnung zugeschmolzen, darauf die Kugeln unter einer starken Presse gelegt, und vermöge einer Schraube und langen Hebels zusammengepreßt. Die Kugel, welche, leer, nur einen sehr geringen Widerstand geäußert

a) Tentamina experimentor. naturalium, Lugd. 1731.

hatte, widerstand, angefüllt, erstaunlich. Sobald aber durch Hülfe des langen Hebels auch nur die mindeste Zusammenpressung statt fand, drang das Wasser, gleich einem Thaue, durch die Oeffnungen des Metalls, und zwar desto stärker, um desto mehr die Kugel zusammengeschroben wurde. Bey jedesmaliger Wiederholung des Versuchs zeigte sich der nämliche Erfolg.

Daher schloß Mußchenbroek, daß das Wasser durch keine menschliche Kräfte zusammengedrückt werden könne. Es wäre unbillig, an der Genauigkeit der Versuche zu zweiflen; aber der Einwurf, daß das Metall zu schwach war, der Gegenwirkung des Wassers zu widerstehen, ist wichtig. Er ist allerdings treffend, weil bey einem nachfolgenden, mit dem Abichschen Instrumente vorgenommenen Versuche, sich ein Fall eräugnete, da die Gewalt des Wassers einen mehr als halb Zoll dicken messingernen Cylinder durchdrang oder zerriß. Hiegegen ist die Resistenz der Mußchenbroekschen Kugeln sehr gering, und hierin ohnstreitig lag die Hauptursache des mißlungenen Ausgangs seiner Versuche.

J. A. Nollet.

Der Abt Nollet lehrte schon seit 1733, oder vielleicht noch um ein Paar Jahr früher, die Experimentalphysic; die erste Ausgabe seiner Vorlesungen (Leçons de Physique experimentale) kam aber nur 1743 heraus. Ob also der folgende Versuch zu Anfange seiner Vorlesungen gemacht sey, kann ich freylich nicht genau bestimmen. Aber von Hambergern konnte er ihn immer entlehnt haben; da er indeß des

Deutschen gar nicht erwähnt so mag es bey der damaligen, und zum Theil noch jetzigen großen Unkenntniß der Franzosen in Ansehung der in Deutschland herausgekommenen Werke, wohl möglich seyn, daß Nollet den Hamberger nicht kannte, und mit ihm von selbst auf eben den Weg gerieth. Der Nolletsche Versuch [a]) ist völlig dem Hambergenschen ähnlich, nur zeigt er genauer an, wie er dabey zu Werke gegangen ist. Seine Röhre (3te Taf. 5te Figur), welche von sehr dickem Glase war, hatte inwendig (nämlich die Höhlung) drey Linien im Durchmesser, und war dabey sieben Fuß lang. Zuerst schüttete er etwas Quecksilber hinein, welches die Krümmung bey *B* anfüllte. Dann goß er bey *C* (denn die Röhre war zu Anfange an beyden Enden *C* und *A* offen) Wasser auf das Quecksilber, und nachdem dieser Theil der Röhre genau mit Wasser gefüllt war, wurde hier die Oeffnung *C* zugeschmolzen. Sodann goß er von *A* aus nach und nach mehr Quecksilber hinzu, bis zu der Höhe von sieben Fuß. Die kleine Columne Wasser *DC* widerstand dem Drucke der Quecksilbersäule so sehr, daß man keine merkliche Verminderung der Höhe der Wassersäule wahrnehmen konnte.

Die Höhe der Quecksilbersäule, welche hier gegen das Wasser druckte, setzt Nollet auf sechs Fuß, zehn Zoll, oder achtzig Zoll Barometerhöhe, dies ist beynahe der dreyfache Druck der Atmosphäre.

Canton will gefunden haben, wie wir nachmals anführen werden, daß der doppelte Druck der Atmosphäre das Wasser um $\frac{1}{10870}$ seines Raums zusammendruckte Wenn also sich auch die Zusammendrückung wie die aufliegenden Gewichte verhielten; so

a) Leçons de Phys. experim. T. I. p. 122.

war es freylich dem Nollet selbst bey dem dreyfachen Gewichte der Atmosphäre nicht leicht möglich, ohne ganz außerordentlich feine Abtheilungen an seiner Röhre zu haben; diese geringe Zusammenpressung zu bemerken. Auch sagt er nur sehr allgemein l'eau ne diminua pas sensiblement. Dies mag wohl eben der Fall bey Hambergern gewesen seyn; und es läßt sich daher das Experiment nicht genau genug beurtheilen.

Uebrigens glaube ich, daß die Hambergische oder Nolletsche Methode wirklich eine der brauchbarsten ist, sobald man im Stande wäre, Röhren zu haben, die stark genug wären, dem Drucke gegen das Ende *C* und auch dem Seitendrucke überhaupt völlig zu widerstehen, nur müßte an dem Theile der Röhre, der das Wasser enthält, sehr genaue Abtheilung, etwa durch Hülfe eines Nonius oder Werners, angebracht werden.

Sam. Christian Hollmann.

1752, oder vielleicht im folgenden Jahre, erhielt der Herr Professor Hollmann von dem Großbrittannischen Leibarzte Peter Shaw eine Maschine aus London, welche in Engelland gebraucht worden war, die Zusammendrückung des Wassers zu untersuchen [a]). Ich kann nicht sagen, wann und von wem die Maschine angegeben ist; aber sie scheint mir zu ihrer Absicht bequemer, als das Hämmern oder Zusammenschrauben der mit Wasser angefüllten Kugeln. Die Maschine ist kürzlich diese (1ste Taf. 4te Fig.): *A* ist eine kupferne Kugel, vier Zoll im Durchmesser;

a) S. C. Hollmanni Commentationum in Reg. Soc. recensitar. Sylloge Gottingae 1762. 4to. p. 35. De aquae incondensibilitate.

ihre Oeffnung bey *ik* hat eine Schraubenmutter, in welcher die Schraube *B* hineingeschroben wird. *ED* ist ein eiserner Hebel oder Arm, der bey *ik* ein viereckigtes Loch hat, worein das Aeußere der Mutterschraube genau paßt. Vermöge dieses Hebels kann die Schraube mit großer Gewalt in die Kugel getrieben werden. Die große Schraube *B* ist auf einem Holze mit kleinern Schrauben *ln* befestiget, kann auch vermöge eigner Oeffnungen *rs* an einem Tische festgeschroben werden. Bey dem Gebrauche der Maschine mußte jedesmal die Schraube *B* mit einem Gemisch von Terpentin und Wachs eingeschmiert werden. Mit dieser Englischen Maschine machte der Herr Professor Hollmann folgende Versuche.

Er füllete die Kugel genau mit Wasser, und trieb sodann durch Hülfe des eisernen Hebels oder Kurbel die Schraube *B* in die Kugel. Gleich nach wenigen Umdrehungen der Schraube drang das Wasser an verschiedenen Orten durch kleine Oeffnungen oder Ritzen des Metalls, in sehr dünnen Strahlen, wie aus einer Fontaine hervor. Da der Versuch fortgesetzt wurde, um zu sehen, ob dieses Hervordringen nicht über der ganzen Kugel, wie bey den Florentinern statt fände, so eräugnete sich dieses nicht, sondern die Kugel zersprang da, wo sie zusammengelötet war. Dem Herrn Professor befremdete nur dies, daß das Wasser hier nicht, gleich einem Thaue, die ganze Oberfläche der Kugel durchdrang. Er wiederholte zu dem Ende das Experiment, nachdem er vorher das mit Wasser angefüllte Instrument an einem kalten Orte eine Zeit lang hatte stehen lassen. Sobald die Operation anfieng, sahe er die Oberfläche der Kugel zu seiner nicht geringen Verwunderung mit Wassertröpfchen bedeckt, und nun glaubte er das zu sehen, was die Florentiner und Musschenbroek sahen. Allein, nachdem er die

Kugel mit einem Tuche abgetrocknet, und den Versuch wiederholte, sprang das Wasser, eben wie das erstemal, nur aus einzelnen Ritzen oder zerrissenen Theilen der Kugel, denn er untersuchte diese Oeffnungen mit einem Vergrößerungsglase, und fand, daß sie wirklich zersprengte oder aus einander getriebene Theile des Metalls, und nicht dessen Pori waren. Es ist augenscheinlich, daß die Kugel, da sie aus der Kälte in die Wärme getragen wurde, schwitzte oder beschlug; nämlich die Dünste oder wässerigten Theile, die sich in dem Zimmer an die Kugel anlegt.n, wurden durch die Kälte des Metalls condensirt, und dadurch sichtbar. Eben so schwitzen die Fenster, oder jeder andere vorzüglich kalte Körper in einem warmen Platze. Dies wußte ohnstreitig Herr Professor Hollmann, und er glaubt, daß bey Musschenbroek auf ähnliche Art der Hauch, der bey den Musschenbroekschen Versuchen anwesenden Personen, diesen scheinbaren Reif auf der Kugel hervorgebracht sey; es ist dies nicht unmöglich. Nachmals ließ der Herr Professor ähnliche Kugeln aus Zinn und Bley verfertigen, und wiederholte mit eben dem nämlichen Erfolg diesen Versuch. Endlich wurde hiezu eine silberne Kugel genommen, die aber nur $\frac{1}{20}$ Zoll dickes Metall hatte. Bey dieser drang das Wasser nicht durch seine Oeffnungen hervor, allein es öffnete sich mit Gewalt einen Weg zwischen den Schrauben. Aus diesen Versuchen zieht Herr Professor Hollmann folgende Schlüsse.

. Das Wasser selbst, ohne von Luft gereiniget zu seyn, scheint keiner merklichen Zusammenpressung fähig. In der Sylloge druckt sich Herr Hollmann hierüber weniger entscheidend aus, als in der Göttinger Zeitung von 1756, S. 1156; denn in letzterer heißt es geradezu: das Wasser lasse sich nicht zusammenpressen, aber nach seiner Sylloge muß man ihn

ohnstreitig beurtheilen. Ferner habe bey diesem Versuche das gepreßte oder gedrückte Wasser nicht die Poros des Metalls durchdrungen, sondern kleine Oeffnungen im Metalle gemacht, aus welchen es herausgetreten sey.

Ueber diesem letzten Puncte sagt Herr Professor Hollmann sehr viel, und wundert sich, daß seine Versuche denen der Florentiner und des Musschenbroeks widersprechen. Aber ich gestehe, daß ich dies nicht recht fasse. Was kann man sich bey den Metallen wohl unter Poros, Luftlöcher, oder wie man die Dinge nennen will, eigentlich denken? Ist denn das Metall ein so organisirter Körper, daß man dergleichen hier suchen könnte? Und gesetzt, man nähme dergleichen in dem rohen Miner an, was denkt man sich denn dabey im geschmolzenen, gegossenen, gehämmerten Silber, Bley u. s. w.? Nichts, als sehr kleine microscopische Oeffnungen, oder auch nur sehr kleine dünne Stellen, die der Zufall daließ. Wenn also in der einen Kugel mehr solcher kleinen Löcher, oder auch nur mehr schwächere, dünnere Theile des Metalls sind, so dringt ja das Wasser, durch den Druck, aus diesen mehreren Oeffnungen, oder macht sich mehrere; sind ihrer weniger, sind sie an einzelnen Stellen der Kugel häufiger, so sieht man nur da das Wasser hervorquillen. Es scheint dies so natürlich vom bloßen Ohngefähr des Arbeiters, oder vielmehr seines Hammers oder Gusses, auch wohl von der mindern oder mehrern Reinigkeit des Metalls selbst abzuhangen, daß bey mir alle Verwunderung wegfällt.

Die Hollmannschen Versuche selbst aber scheinen eben das zu beweisen, was ich bey beyden, Musschenbroekschen und Florentinischen fand, nämlich das Metall war nicht hinreichend stark, der Gewalt des

gedruckten Wassers zu widerstehen. Es wundert mich, daß der Herr Professor Hollmann gar die Dicke des Metalls bey seinen Kugeln (bey der silbernen ausgenommen) nicht angegeben hat, da hierauf doch allerdings viel ankömmt.

Johann Canton.

Die Cantonschen Versuche sind wohl 1762 oder um diese Zeit angestellt, wenigstens gab er den 16 Decembr. dieses Jahres der Königlich Englischen Societät der Wissenschaften davon kürzlich folgende Nachricht [a]).

Er füllte eine zwey Fuß lange Glasröhre, unten mit einer Kugel versehen, zum Theil mit Queckfilber, setzte sie in Wasser, und brachte dies genau vermittelst eines Fahrenheitischen Thermometers auf 50 Grad Wärme; die Höhe des Quecksilbers in der Glasröhre, welche 6½ Zoll über die Kugel betrug, wurde dabey genau bemerkt, dann wurde das Quecksilber durch Vermehrung der Hitze bis zu dem obersten Ende der Röhre getrieben, und die Röhre sogleich zugeschmolzen. Als nachher die Hitze des Wassers gerade bis zu 50 Grad wieder abgenommen hatte, stand sodann das Quecksilber 0,32 höher, als vorher bey offner Röhre. Eben diese Kugel und Röhre ward nachmals statt des Quecksilbers mit Wasser, aus welchem vorhero die Luft ausgepumpet war, gefüllt. Bey offner Röhre stand das Wasser, in eben derselben Hitze von 50 Grad Fahrenheitischem Maaßes, ungefähr (about)

a) Experinonts to prove that Water is not incompressible by John Canton M. A. and F. R. S. Philosoph. Transait Vol. 52. Part. 2. Artic. 103. p. 641.

6 Zoll über der Kugel. Durch Vermehrung der Hitze des äußern Wassers, worin die Röhre stand, stieg das Wasser der Röhre bis zu dem obersten Ende, welches denn sogleich zugeschmolzen ward. Als die Hitze des äußern Wassers wieder auf 50 Grad gefallen war, stand das Wasser in der Röhre 0,43 höher, als vorhin. Da der Druck der Atmosphäre auf das Aeußere der Glaskugel, bey zugeschmolzner Röhre, für das Wasser und für das Quecksilber natürlicherweise gleich groß ist (beträgt etwa 73 Pfund), so muß diese Kugel dadurch etwas zusammengedruckt, und das enthaltene Flüssige dadurch in die Höhe getrieben werden. Da ferner das Wasser bey geschlossener Röhre um 0,11 eines Zolls höher stand, als das Quecksilber, so muß sich, dem Herrn Canton zufolge, das Wasser, wenn beyden der Druck der Atmosphäre genommen ist, mehr ausdehnen, als das Quecksilber. Um also genauer zu bestimmen, um wie viel das Wasser durch den Druck der Atmosphäre zusammengedruckt werde, nahm er eine Glasröhre von 0,01 Durchmesser, 4,2 Zoll lang, welche sich in eine Glaskugel von 1,6 Zoll Durchmesser endigte. Diese füllte er mit Quecksilber, welches er nochmals genau wog, wodurch er fand, daß ein Theil der Röhre, welcher 0,23 Zoll lang war, gerade den hunderttausendsten Theil des Quecksilbers der Kugel enthielt. Nach diesem Verhältnisse theilte er mit einer Feile die Röhre genau ab. Nun füllte er die Röhre nebst der Kugel bis zu einer gewissen Höhe mit luftleerem Wasser an, ließ die Röhre offen, und brachte sie bald unter den Recipienten in luftleerem Raume, bald unter einer Verdichtungspumpe in zusammengedruckter Luft. Vermöge seiner gemachten Abtheilungen konnte er in jedem Fall bemerken, um wie viel das Wasser oder die Wassersäule der Röhre größer wurde, sich ausdehnte, oder durch

den größern Druck der dichten Luft zusammengedruckt wurde. Auf die Weise fand er durch oft wiederholte Versuche, daß ein Druck, welcher so groß als das doppelte Gewicht der Atmosphäre war, das Wasser um $\frac{1}{10870}$ seines Inhalts zusammendrücke. Um zu sehen, ob die im Wasser enthaltene Luft vorzüglich diese Zusammendrückung bewirke; brachte er eine Luftblase von 0,6 Zoll im Durchmesser in die Kugel, diese ward binnen vier Tagen von dem Wasser verschluckt. Das Wasser ließ sich aber nachmals von dem Gewichte der Atmosphäre nicht stärker zusammendrücken, als ohne dieser zugesetzten Luft, welches doch hätte erfolgen müssen, im Fall die Luft die Ursache der Compressibilität war.

Noch trieb Herr Canton diese Untersuchungen weiter, wovon er zwey Jahre nachher der Societät der Wissenschaften von neuem Bericht abstattete [a]). Er hatte durch diese Versuche ferner gefunden, daß das Wasser dabey die besondere Eigenschaft habe, im Winter einer stärkern Zusammendrückung fähig zu seyn, als im Sommer; hingegen verhält sich Weingeist und Baumöl hier gerade umgekehrt.

Wenn das Fahrenheitische Thermometer auf 34 Grad stand, so wurde das Wasser durch den Druck der Atmosphäre um 0,000049 zusammengedruckt, der Weingeist aber um 0,000060 seines Raums; stand hingegen das Thermometer auf 64 Grad, so drückte das Gewicht der Atmosphäre das Wasser nur um

a) Philosoph. Transact. Vol. 54. for the Year 1764 Artic. 47. p. 261. Diese sowohl, als die erste Vorlesung des Canton finden sich zusammen ins Französische übersetzt im Journal oeconomique Decembr. 1764; für Deutsche aber im Neuen Hamb. Magazin 70tes St. S. 360 u. f.

0,000044, den Weingeist aber um 0,000071 zusammen. Canton untersuchte, auf eben die Art, mehrere Flüssigkeiten; bey dem Stande des Barometers von 29½ Zoll, und bey einer Thermometerhöhe von 50 Grad Fahrenheitischen Maaßes, und fand durch das Gewicht der Atmosphäre folgende Zusamdrückungen:

Weingeist wurde zusammengedruckt um	0,000066
Oliven= oder Baumöl = =	0,000048
Regenwasser = = =	0,000046
Seewasser = = =	0,000040
Quecksilber = = =	0,000003

Die specifischen Schweren dieser Flüssigkeiten sind aber

Weingeist = = = =	836
Baumöl = = = =	918
Regenwasser = = = =	1000
Seewasser = = = =	1028
Quecksilber = = = =	13595

also stehen die Zusammendrückungen dieser Flüssigkeiten nicht, wie man vermuthen könnte, im umgekehrten Verhältniß ihrer Dichtigkeiten oder specifischen Schwere.

Aber diese Flüssigkeiten sind nicht nur compressibel, sondern auch elastisch; denn so wie Canton das Gewicht der Atmosphäre wegnahm, oder zuließ, dehnten sie sich aus, oder traten wieder zusammen. Eben daher glaubt Canton ergäbe sich, daß diese Elasticität nicht etwa von der in diesen Flüssigkeiten enthaltenen Luft herrühre, weil jedesmal bey Zulassung oder Wegnehmung des Drucks der Atmosphäre sich gerade um eben dieselbe Quantität ausdehnten, dahingegen die Luft sich hingegen zweymal mehr ausdehnt, wenn man die Hälfte des Gewichts des Dunstkreises wegnimmt, als sie zusammengedruckt

wird, wenn man den ganzen Druck der Atmosphäre wieder zuläßt [b]).

Hieraus schließt Herr Canton folgendes. Das Gewicht von $32\frac{1}{2}$ Seewasser ist dem mittlern Gewicht der Atmosphäre gleich, und vermöge der bisher angestellten Versuche drückt jedes hinzukommende Gewicht, welches dem Gewicht der Atmosphäre gleich ist, eine Quantität Seewasser um $\frac{4}{100000}$ zusammen. Findet dieses nun beständig statt, so muß das Meer da, wo es zwey Meilen tief ist, durch sein eigenes Gewicht um 69 Fuß, 2 Zoll, und das Wasser auf dem Boden um $\frac{13}{1000}$ zusammengedruckt seyn [c]).

Die Englische Meile = $\frac{1}{69}$ Grad = 826 Toisen = 6.826 Pariser Fuß,

also zwey Englische Meilen = 12.826 Par. Fuß;

der Par. Fuß: Engl. Fuß = 1440:1351

daher 2 Engl. Meilen = 10572,8 Engl. Fuß

$\frac{10572}{32,5}$. 0,00004, wäre also die Zusammendrückung an dem Boden, bey zwey Meilen Tiefe,

$$\begin{array}{ll} \log.\ 10572,8 & = 4,0241902 \\ \text{comp.}\log.\ 32,5 & = 8,4881166 \\ \log.\ 0,00004 & = 5,6020600 \\ \hline & 2,1143668 = \log. 0,0013013 \end{array}$$

Hier theilt Herr Canton also das Meer, der Höhe nach, in gleiche Theile, jeden zu 32,5 Fuß; er nimmt an, daß jede dieser Schichten gleiche Dichtigkeit haben, welches doch nicht seyn kann. Solcher

b) Philos. Transact. Vol. 54. p. 262.
c) Ebend.

Schichten wären $\frac{10572,8}{32,5} = 325,32$. Diese müßten dann 325,32 mal 32,5 Fuß Wasser wiegen; da die untern aber beständig dichteres Wasser enthalten, so wäre diese Zusammendrückung allerdings größer, als die angegebene. Die Quantität aber, um welcher das Meer durch den Druck erniedriget wäre, ließe sich etwa so finden.

Eine Wassersäule, ehe sie durch ihr Gewicht zusammengedruckt wird, bestehe aus n gleichen Theilen oder Schichten, jeder von der Länge c, drucken diese einander zusammen, so bekommen die Theile folgende Längen.

Die oberste Schichte $= c$

— 2te = = $= c \cdot \left(1 - \frac{1}{r}\right)$

— 3te = = $= c \cdot \left(1 - \frac{2}{r}\right)$

nte Schichte = $= c \cdot \left(1 - \frac{(n-1)}{r}\right)$

also die Summe oder ihre Länge zusammen

$= nc - \frac{n \cdot (n-1)}{2r} \cdot c = a$; daher

$$n^2 - (2r - 1)\, n = - \frac{2ra}{c}$$

a wäre hier $= 10572,8$

r = = $= 400000$

n = = $= 325,32$

also r jederzeit sehr groß gegen n; also ohne merkliche Fehler

$n = r \mp \sqrt{r^2 - \frac{2ra}{c}}$. die Wurzel aus $r^2 - \frac{2a}{c}$

ist beynahe $= r - \frac{a}{c}$, also

$$n = r - r + \frac{a}{c} = \frac{a}{c} = 325,32$$

hiernach $\frac{n \cdot n - 1}{2r} \cdot \frac{c = n \cdot n - 1}{r} \cdot \frac{1}{2} c$

log. = l. 325,32 = 2,5123108
l. n − 1 = l. 324,32 = 2,5109737
l. $\frac{1}{2}$ c = l. 16,25 = 1,2108533
6,2341378
l. $\frac{1}{r}$ = l. 0,00004 = − 5,6020600
1,8361978 = log. 68,58 Fuß.

Canton findet hier 69 Fuß, 2 Zoll; wo diese kleine Differenz herrühret, weiß ich nicht. Uebrigens ist die Voraussetzung nicht völlig richtig, wie schon oben angezeigt ist; je kleiner man die Schichten annähme, desto näher käme die Rechnung der Wahrheit.

Ohnstreitig sind die Cantonschen Versuche, welche die Königliche Societät einer Preismedaille würdig hielt, mit vorzüglicher Genauigkeit gemacht worden, denn diese gehört allerdings dazu. Gesetzt, z. B. daß während der Operation die Thermometerhöhe sich nur um $\frac{1}{4}$, ja nur $\frac{1}{8}$ Grad vermehrte, oder verminderte, so betrug dies an einer Röhre von 0,1 Linie im Durchmesser bey einer Kugel von 1,6 Zoll im Durchmesser schon etwas beträchtliches. Denn nimmt auch Herr Canton gleich zu Anfange etwas an, welches man ihm nicht leicht zugeben wird. Durch den Druck der Atmosphäre auf die Kugel wird diese etwas zusammengedrückt, und dadurch das in ihr enthaltene Flüssige in die Höhe getrieben. Da nun das Wasser um 0,11 Zoll dadurch höher stand, als das Quecksilber, so hatte es eine größere Ausdehnungskraft, als

das Quecksilber. Ganz recht, sobald man Wasser hätte, das mit dem Quecksilber einerley Dichtigkeit, oder specifische Schwere hatte. Wann aber die Kugel einmal mit einem Flüssigen, das 14mal dichter ist, als das erstere, angefüllt war, so mußte der bey beyden gleichbleibende Druck der Atmosphäre bey dem Quecksilber einen weit größern Widerstand finden, als bey dem Wasser, und konnte daher die mit Quecksilber gefüllte Kugel nicht so stark zusammendrucken, als nachmals, da sie mit Wasser gefüllt wurde; also tritt das Quecksilber nicht so hoch in die Röhre hinauf, als das Wasser. Nicht größere Ausdehnungskraft des Wassers, sondern geringere Dichte, und daher geringere Resistenz war davon die Ursache, oder konnte es wenigstens seyn. Bey der Verdichtungsmaschine konnte dies derselbe seyn. Die Ausdehnung der verschiedenen Flüssigkeiten verhält sich zwar nicht genau umgekehrt, wie ihre specifischen Schweren; aber allgemein sieht man doch aus beyden obigen kleinen Tabellen, daß die Höhe der Röhre, welche ihre verschiedene Ausdehnung anzeigt, minder, oder größer ist, je nachdem die Dichtigkeiten zu- oder abnehmen; also überhaupt, je kleiner der Widerstand der angefüllten Kugel, desto größer die Höhe in der Röhre. Ich läugne hiedurch nicht, daß das Wasser, oder die übrigen Flüssigkeiten compressibel sind, oder seyn können; aber ich wundere mich doch, daß Herr Canton nicht auf diese Schwierigkeit gefallen ist.

Der Einwurf, daß die in dem Wasser enthaltene Luft die Ausdehnung hervorbringen konnte, scheint bey diesen Versuchen auf eine zwiefache Art gehoben zu seyn; einmal, weil man Luft in die Kugel brachte, und das Experiment dadurch keine Aenderung litt; zweytens, weil die Ausdehnung nicht nach den Gesetzen der Elasticität der Luft geschahe. Uebrigens weiß je-

der, der nur irgend mit Genauigkeit Versuche angestellt hat, wie schwer, ja im eigentlichen Verstande ganz unmöglich es ist, Wasser oder andre Flüssigkeiten vermöge der Luftpumpe ganz von Luft zu reinigen.

Etwas hieher gehöriges scheint mir die Bemerkung des Ritters de Servieres zu seyn. Er glaubt gefunden zu haben, daß die Thermometerhöhe, einer mit Quecksilber angefüllten Röhre, merklich durch den perpendiculairen Druck der Quecksilbersäule vermindert werde. Nämlich, ein horizontalliegendes Quecksilberthermometer stehe um etwas höher, als ein perpendiculairstehendes. Es thut mir leid, keine genauere Nachricht von des Ritters Untersuchungen geben zu können; ich schrieb mir dies nur eilig bey Durchlesung des Journal Encyclopedique nieder, und vergaß, mir den Theil des Journals zu bemerken. Doch glaube ich, daß man dies in dem Jahre 1777 oder 1778 findet, da ich dies Journal nicht selbst besitze, so muß ich es hiebey bewenden lassen.

Der Abt Felice Fontana.

Ich weiß nicht genau, ob des berühmten Fontana Angabe eines Instruments der Abischen Erfindung der Zeit nach vorgeht. Ich habe nur eine Beschreibung des Instruments in der Holländischen Ausgabe des Journal des Scavans für 1777, Monat Julius, gefunden. Sie ist aus des Rozier Observations sur la physique, l'histoire naturelle & sur les arts genommen, und macht einen Theil der Beschreibung des Großherzoglichen Kunst- und Naturaliencabinets zu Florenz aus. Der Abt Fontana ist

Aufseher davon, hat viele sehr merkwürdige Maschinen angegeben, und andere verbessert; er wird dieses vorzügliche Cabinet in einigen Bänden in Folio nächstens beschreiben, und bis dahin wird man sich also mit folgender kurzen Nachricht der Wassercompressionsmaschine begnügen müssen. Ich setze die ganze Stelle des Journals hieher; vielleicht wird man sich eher einen Begriff von der Sache machen können, als durch einen Auszug.

L'experience de l'Academie del Cimento, de même que celles que l'on a faites ensuite, ne prouvent rien, sinon que l'eau est peu compressible. Si l'on devoit prouver la compressibilité d'une boule d'acier de la plus forte trempe, par la simple pression à laquelle on la soumettroit, ne diroit on pas qu'elle est incompressible? Chacun sait cependant, combien elle est elastique.

La difficulte consistoit donc à trouver un genre d'experiences telles, que si petite, que fût la compressibilité de l'eau, au cas qu'elle en eût, on pût l'appercevoir. Il etoit connu, que les fluides, comme l'air, compriment également les corps dans toutes les parties, que les parois interieures & exterieures d'un vase ouvert, éprouvent une égale pression de la part de l'air; que si le vase est plein d'eau, les parois intérieures ne sont chargées de plus que les parois extérieures, que du poids seul de l'eau, & que le poid de l'air pouvoit croitre de telle quantite que ce soit, sans que le vase plein d'eau vienne à se rompre, quoique cette eau qu'il continent, soit toujours plus comprimée. C'est d'après ces idées, que M. *Fontana* a imaginé l'expérience, qui décide la question, & l'instrument propre à la faire.

Cet instrument consiste en un cylindre creux de métal, assez épais pour être très-solide, de sept pouces de diametre & d'autant de hauteur; ce cylindre ouvert par son fond supérieur, reçoit dans cet endroit par le moyen d'une forte vis, une petite tour quarée de six lignes de large, & de huit pouces de haut; cette tour composée de glaces épaisses & solidement assemblées par des angles de métal, porte dans sa partie supérieure, un mécanisme fait pour y adapter une pompe de compression, & mesurer la quantité d'air, qu'on introduit par la tour. Au-dedans du cylindre de métal, il place un cylindre de cristal de capacité connue, fermé en-dessous, & terminé endessus par un tube d'un diametre capillaire, mais épais de verre. Puis avec la pompe adaptée à la tour, il condense l'air dans le cylindre; cet air comprime l'eau contenue dans le cylindre de crystal, par le tube qui y est joint par le haut l'eau baissant dans ce tube, indique quelle est compressible & de combien elle l'est; ce que l'on observe aisément au travers des glaces de la petite tour dans laquelle monte ce tube. Supposons maintenant le cylindre de crystal qui se remplit d'eau, de six pouces de capacité intérieure, dans les deux dimensions, le tube qui y est joint de $\frac{1}{10}$ de ligne de diametre, & de trois pouces de haut, & qu'on puisse diviser ces trois pouces en cent parties visibles à l'oeil, la compression de l'eau se fera appercevoir, quand bien même elle ne seroit compressible que de la cent millioneme partie de son volume.

Cette belle expérience a été faite pour plus de sûreté de différentes manieres. En purgeant d'air l'eau qu'on soumettoit à cette épreuve, en la teignant de différentes façons, & enfin en l'ap-

pliquant à d'autres fluides, & surtout au mercure.

Da der mir unbekannte Verfasser dieser Nachricht kein einziges mit dem Instrumente vorgenommenes Experiment genau anzeigt, ja nicht einmal überhaupt sagt, um wie viel man dadurch das Wasser zusammendrucken könne, so läßt sich von dem Ganzen weiter kein Urtheil fällen. Hoffentlich wird der Abt Fontana selbst uns nächstens hievon genauer belehren.

Rudolph Adam Abich.

Die Veranlassung zu dem von dem Fürstlich Braunschweigischen Herrn Obersalzinspector Abich zur Zusammendrückung des Wassers angegebenen Instrumente, welches ich nun, nebst denen damit unternommenen Versuchen, als den wichtigsten Theil dieser Abhandlung genau beschreiben werde, gaben die Feuersprützen. Herr Abich, der sich schon durch Angabe verschiedener andern nützlichen Maschinen, als einen vorzüglichen practischen Mechaniker bekannt gemacht hat, liefert auch besondere brauchbare Feuersprützen. Es kam ihm hiebey der Gedanken ein, ob wohl vermöge des Kolbens in den Feuersprützen eine Compression des Wassers vorgehe. Um dieses näher zu untersuchen im Stande zu seyn, dachte er auf ein eigenes Instrument, womit sich die Compressibilität des Wassers untersuchen ließe. Er hatte von den Florentinischen Versuchen gehört, wußte auch, daß man eben deswegen die Zusammendrückung des Wassers für unmöglich hielt. Herr Abich sahe ein, daß bey den Versuchen, das Wasser in Kugeln zusammen zu hämmern, nicht nur das Metall jederzeit zu schwach

gewesen war, und zum Theil, um sich, ohne zu zerreißen, hämmern und pressen zu lassen, auch schwach seyn mußte. Er versuchte daher, eine Maschine anzugeben, welche mit größern Kräften gegen das Wasser wirken könnte, dabey aber auch hinreichend stark sey, dieser Gewalt zu widerstehen. Er glaubte, daß ein in einer metallenen, mit Wasser gefüllten Röhre genau passender Stämpel sich am bequemsten hiezu schicke, und 1776 versuchte er dies mit einem Flintenlaufe, der dazu eine gehörige Vorrichtung hatte, ins Werk zu richten. Allein, das Experiment entsprach der Absicht nicht, denn diese eiserne Röhre zersprang. Ein Flintenlauf ist gewöhnlich noch keine Linie dick, und Herr Abich ließ daher nun ein eigenes Instrument zu diesen Versuchen von Messing verfertigen. Die Dicke des Metalls war ungefähr 9 Linien, und der Stämpel schloß so genau, als möglich. Er machte hiemit einen Versuch, der glücklicher ausfiel, nämlich der Stämpel wurde durch Hülfe einer Schraube wirklich niedergedruckt. Herr Abich hatte die Gefälligkeit, mir von seinen Versuchen Nachricht zu geben; er zeigte mir das Instrument, und wiederholte das Experiment. Als wir zum zweytenmal den Stämpel so tief als möglich hineintrieben, zeigten sich außen unten an dem Stiefel oder Pumpe viele kleine Wassertropfen. Es war nämlich das Metall durch die große Gewalt an seinem schwächsten Orte zerrissen, und das Wasser drang aus kleinen Oeffnungen hervor. Da indeß die vorhergehenden Versuche die Möglichkeit der Sache bewiesen hatten, so entschloß sich der Erfinder, ein neues, stärkeres, ähnliches Instrument machen zu lassen. Der Künstler, der es verfertiget, ist der Braunschweigische Hofmechanicus, Herr Johann Wilhelm Gropp in Salzdahlum, der in solchen Arbeiten mit Recht den geschicktesten Künstlern En-

gellands und Deutschlands an die Seite zu setzen ist. Die mit diesem Instrumente vorgenommenen glücklichern Versuche werde ich nachmals genau anzeigen, zuerst die

Beschreibung der Maschine.

Sie ist sehr einfach; im Grunde nichts weiter, als ein hohler messingener Cylinder, mit einem äußerst genau passenden Stämpel. Der messingene Cylinder ist nicht durchaus in gleicher Weite ausgehöhlt. Oben und unten hat er die Weite des Durchmessers des Stämpels, aber der größte Theil ist weiter, wie die Figur und die gleich folgenden Messungen geben. Diese Einrichtung ist nun eben nicht die beste. Der Künstler, der sie verfertiget, hat dabey wohl darauf gesehen, daß auf die Weise die Zusammendrückung, oder vielmehr das Hinuntertreten des Stämpels desto ansehnlicher oder auffallender würde; allein, auf der andern Seite verliert man hiebey an geometrischer Richtigkeit, an bequemer Bestimmung des Inhalts der zusammengedruckten Wassermasse. Folgendes zeigt die Maaße der Maschine in Braunschweigischem zwölftheiligen Maaße.

Tab. II. Fig. 2 und 1.

	Zoll	Linien	12tel d. Lin.
Länge des ganzen Cylinders von A bis B = = =	21	5	10
sein Durchmesser CD =	3	7	7
der Durchmesser des Wasserraums oder Höhlung bey EF	1	2	6
Dicke des Messings bey EF	1	2	6
Länge der Höhlung für das Wasser oder der ganzen Wassersäule I = = =	16	3	9

	Zoll	Linien	12tel d. Lin.
Durchmesser des Stämpels GH	0	9	2
Länge des Stämpels GN	6	4	3
Länge des Theils des Stämpels, um welchen die Leder liegen, nebst den Schrauben u ß	2	4	--

Der messingene Cylinder ist vermittelst der beyden hervortretenden obern Arme, Pf und Qg, mit dem eisernen Aufsatze, RSPQ, durch zwey Schrauben, *df* und *eg*, verbunden. Bey *b* befindet sich eine eiserne Queerstange oder Balken *ac*, worin der Stämpel, um Biegung und Schwanken zu verhüten, läuft.

Die beyden untern Arme W und X passen in ein hölzernes starkes Gestell mit einem Kreuzfuße. Dies Gestelle ist so ausgehöhlt, daß der ganze untere Theil WBvX bequem darin Platz hat, und feste steht. Bey den genauern Versuchen mit dem Hebel wird die Maschine aus diesem Fuße herausgehoben. Bey IK tritt ein eiserner comischer Zapfen *m*, der mit stark geschlagenen und in Talg gekochten Ledern umgeben ist, gegen das Flüssige. Auf ihn paßt eine eiserne Platte, worauf dann die Schraube *V* stößt, wodurch dann der untere Theil sehr genau kann verschlossen werden.

Der Stämpel selbst, auf den hier das meiste ankommt, ist von Eisen, und es liegen um ihn eilf in Talg gekochte, stark geschlagene Leder herum. Diese sind überdem mit den beyden eisernen Schrauben α und β zusammengeschroben. Dadurch schließt der Stämpel so genau, daß man bey leerer Maschine gegen 80 Pfund Gewicht anwenden muß, ihn niederzudrücken. Es ist von selbst klar, daß der mindeste Zwischenraum dem gedruckten Wasser ein schnelles Hervorsprützen erlauben würde, wodurch denn die Maschine ihres ganzen Zwecks verfehlte. Eben dies

ist aber die Ursache, warum bey jedesmaligem Anfüllen des Stiefels mit irgend einem Flüssigen die Maschine muß umgekehrt werden. Es ist nämlich viel leichter, nach Wegnehmung der Schraube *V*, und des eisernen Zapfens *llm*, von unten das Wasser hinein zu gießen, wenn die Maschine umgewandt ist, als den Stämpel heraus zu ziehen, und von oben das Flüssige bey *A* hinein zu gießen. Anfänglich bediente sich Herr Abich einer Schraube (Fig. 1. Tab.), nebst einer Kurbel, um den Stämpel niederzudrücken. Es war dies auch allerdings bequem, allein, da es nicht leicht möglich war, die Kraft des Menschen, welcher die Kurbel drehete, genau zu bestimmen, mithin die Genauigkeit in Angabe der den Stämpel niederdrückenden Kraft wegfiel; so rieth ich, statt der Schraube einen Zapfen (2te und 3te Fig. T.) zu setzen, auf welchen ein langer starker eiserner Hebel, dessen Ende mit Gewichten beschwert wurde, drucken konnte. Die 3te Figur der 2ten Tafel zeigt diese Vorrichtung. MM bezeichnet einen Theil der Mauer, oder vielmehr des in der Mauer befindlichen hölzernen Balkens, welcher so ausgehöhlt war, daß die Maschine ADBv darin konnte eingelassen werden, und feste stand. In dem Theile *O* des Balkens war der Ruhepunkt des Hebels, der mit seinem Punkte *C* auf den Zapfen *T* wirkte; dieser trieb dann den Stämpel NOGH (2te Fig.) nieder. Der eiserne Hebel war ziemlich genau ein vierseitiges Prisma, $113\frac{1}{2}$ Zoll lang, 73 Pfund 3 Unzen schwer.

Um nachmals die Versuche nicht unterbrechen zu dürfen, will ich hier die Berechnung des Hebels für jedes daran gehangene Gewicht (P in der 3ten Fig.) beybringen, und erinnere nur, daß die Zeichnung nicht füglich die wahre Maaße des übermäßig langen Hebels angeben konnten; man muß also den Hebe

nicht nach den unten gezeichneten Maaßstab rechnen; letzterer bestimmt nur allein die Maschine.

Ich habe mich folgender Formel des Herrn Hofrath Kästners zur Berechnung des Hebels gegen den Zapfen T bedienet; die Kraft ist $= \frac{Qb + Pc}{k}$

$= \frac{Qb}{k} + \frac{c}{k} \cdot P$, hier bezeichnet

Q das Gewicht des Hebels = 73 Pf. 3 Unz. $= 73\frac{3}{16}$ Pf. = 73,1875 Pf.

c Länge des Hebels $= 113\frac{1}{2}$ Zoll = 113,5 Zoll.

b Abstand seines Schwerpunkts vom Ruhepunkt = 56 Zoll.

k Abstand *oc* des Zapfens vom Ruhepunkt *o* $= 5\frac{1}{2}$ = 5,5 Zoll

P das zu Ende des Hebels anhangende Gewicht.

Dies ist zu Anfange eines jeden Versuchs = 0. Es ist veränderlich, denn man hieng zuerst $\frac{1}{4}$, dann $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 ganzen, $\frac{5}{4}$, $\frac{6}{4}$, und zuletzt $\frac{7}{4}$ Centner Braunschweigisch Gewicht, den Centner zu 114 Pfund gerechnet, an den Hebel, so das P alle diese Werthe nach und nach bekömmt.

Der erste Term der Formel $\frac{Qb}{k}$ sowohl, als auch der eine Theil des zweyten, nämlich $\frac{c}{k}$ bleiben daher unverändert. Der Druck des Hebels ohne Gewicht, wo Q = O ist, wäre denn so zu bestimmen.

$$\frac{Qb}{k} = \frac{73,1875 \cdot 56}{5,5} = \frac{14,6375 \cdot 56}{1,1}$$

log. 14,6375 = 1,1654669
log. 56 = 1,7481880
compl. log. 1,1 = 9,9586073
2,8722622 = l. 745,181

Der Bruch $\frac{c}{k} = \frac{113,5}{5,5} = \frac{22,7}{1,1}$

Also wenn P = ¼ Centner = 28,5 Pf.

$$\frac{c}{k} P = \frac{22,7}{1,1} \cdot 28,5$$

log. 22,7 = 1,3560259
compl. log. 1,1 = 9,9586073

$$l. \frac{c}{k} = l. \frac{22,7}{1,1} = 1,3146332$$

l. 28,5 = 1,4548449
2,7694771 = l. 588,134
745,181
1333,315 Pf.

Es ist unnöthig, die Rechnungsarten der übrigen Fälle, welche diesen beyden vollkommen ähnlich sind, herzusetzen. Die dadurch sich ergebenden Gewichte, oder der Druck des Hebels für jedes angehangene Gewicht sind

α) P = o; $\frac{Qb + Pc}{k}$ = 745,181 Pfund
β) p = ¼ Ct. = 28,5 Pf. = 1333,315
γ) p = ½ Ct. = 57 Pf. = 1921,181
δ) p = ¾ Ct. = 85,5 Pf. = 2509,591
ε) p = 1 Ct. = 114 Pf. = 3097,733
ζ) p = 1¼ Ct. = 142,5 = 3685,864

η) $p = 1\frac{1}{2}$ Ct. $= 171$ Pf. $= 4274{,}001$ Pfund
ϑ) $p = 1\frac{3}{4}$ Ct. $= 199{,}5 \quad = 4862{,}136$

Der Kürze wegen werde ich bey den Versuchen selbst künftig die Gewichte, durch die einem jeden vorgesetzten Buchstaben α, β u. s. w. bezeichnen. Bey den letzten, größten Gewichten ereignete es sich, daß der Zapfen T durch die Gewalt etwas weniges aus seiner perpendiculairen Lage getrieben wurde. Durch die daher entstandene Reibung mag man wohl 40 bis 50 Pfund weniger rechnen.

Die ersten Versuche geschahen im May und Junius 1777, in Gegenwart einiger gültigen sachkundigen Männer, nachmals im October desselben Jahres, im November 1778, und die letztern habe ich im Februar 1779 angestellt.

1) Mit Brunnenwasser.

Der Cylinder wurde vorbesagtermaßen mit Brunnenwasser gefüllt, die Höhlung oder der Wasserraum ($\alpha\beta\varepsilon F n o$ Fig. 2.) hielt $26,\frac{3}{4} = 26{,}75$ Cubiczoll Braunschweigisches Maaß, dies Wasser wog $12\frac{1}{2}$ $= 12{,}5$ hiesiger Unzen.

	Zoll	Lin.	Scr.
Der Stämpel stand genau an die Stange NO, und die Höhe von *b* bis *o* betrug	1	8	6
durch den Hebel oder den Druck α gieng der Stämpel nieder, oder der Stämpel ragte nur noch über die Querstange *ε a* hervor, um	1	5	3
durch β	1	2	3
durch γ	0	11	7

da das Gewicht *P* des Drucks γ abgenommen wurde, trat der Stäm-

	Zoll	Lin.	Scr.
pel von selbst wieder in die Höhe bis auf	1	6	0
der Druck δ druckt den Stämpel nieder bis	0	10	0
der Druck ε	0	8	8
bey Abnahme des Gewichts *P* dieses Drucks stieg der Stämpel bis	1	1	0
der Druck den Stämpel nieder bis	0	8	1
bey Abnehmung des Gewichts *P* in die Höhe bis	1	0	0
η druckt bis	0	6	0
bey Abnehmung des Gewichts P, in die Höhe bis	1	0	0
Nach Abnehmung des Hebels selbst trat der Stämpel wieder in die Höhe bis	1	6	4

Das Wasser wurde sogleich wieder herausgegossen, wir fanden an dem Maaß des Wassers keine nur merkliche Differenz.

2) Mit 26¾ Cubiczoll gekochtem Brunnenwasser.

	Z. L. 12tel od. Scr.		Zoll	Lin.	Scr.
Der Stämpel stand wie oben auf			1	8	6
			Z.	L.	S.
α druckt ihn bis	1 5 6;	nach Abnehmung des Hebels trat er zurück bis	1	7	0
β . . .	1 2 9;	nach Abnehmung des Gewichts P trat er zurück bis	1	2	10
γ . . .	1 0 1;	. . . .	1	1	7
δ . . .	0 9 7;	. . . .	1	1	0
ε . . .	0 7 6;	. . . .	1	1	0

Des ausgegossenen Wassers war nicht merklich weniger, als des eingefüllten.

3) Mit 26¾ Cubiczoll saturirtem Salzwasser.

Der Stämpel stand zu Anfang 1 Zoll, 8 Linien, 6 12tel oder Scrupel.

	Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α drückt den Stämp. bis	1	4	0;	nach Abnahme des Hebels zurück bis	1	5	6
β =	1	1	4;	nach Abnahme des Gewichts P zurück bis	1	1	6
γ =	0	11	0;	= =			
δ =	0	9	2;	= =	1	0	-
ε =	0	8	1;	= =	-	11	6
ζ =	0	5	6;	= =	-	11	6
ϑ =	0	2	8;	= =	-	11	6

4) Mit 26¾ Cubiczoll Milch.

Der Stämpel stand, wie bey den vorhergehenden auf 1 Zoll, 8 Linien, 6 Scrupel.

	Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α drückt den Stämp. bis	1	6	4;	nach Abnahme	1	7	2
				des Hebels zurück	1	7	2
β =	1	3	8;	nach Abnahme des Gewichts P zurück bis	1	3	6
γ =	1	1	4;	= =			
δ =	0	10	7;	= =	1	1	5
ε =	0	9	4;	= =	1	1	4
ζ =	0	6	7;	= =	1	1	4
η =	-	4	8;	= =			

5) Mit 26¾ Cubiczoll Brannteewein.

Der Stämpel stand anfänglich, wie oben auf 1 Zoll, 8 Linien, 6 Scrupel.

		Z.	L.	S.		Z.	L.	S.
α drückt den Stämp. bis		1	6	5;	nach Abnahme des Hebels zurück	1	7	2
β	=	1	4	8;	nach Abnahme des Gewichts zurück	1	3	8
γ	=	1	2	4;	= =			
δ	=	1	0	1;	= =	1	2	0
ε	=	0	9	6;	= =	1	2	0
ζ	=	0	7	10;	= =	1	2	0
η	=	0	6	3;	= =	1	2	0
θ	=	0	3	6;	= =	1	2	0

Es finden sich bey dieser Anzeige einige Lücken, wo das Zurück- oder vielmehr wieder in die Höhetreten des Stämpels nicht angezeigt ist; dies rührt von der Eile, mit welcher man neue Gewichte hinzuhieng, ohne vorher die ersten abzunehmen. Was aber die Verschiedenheit in der Höhe des Zurücktretens selbst betrifft, so könnte man dies (im Fall man die untersuchten Flüssigkeiten wirklich für elastisch hielte) den verschiedenen Graden der Elasticität derselben zuschreiben, ich werde nachmals hievon Gebrauch zu machen suchen.

Ich habe diese Versuche gleich auf einander folgen lassen, ob sie gleich nicht alle zu gleicher Zeit angestellt sind. Oeconomische Angelegenheiten verursachten, daß der Hebel nachmals nicht weiter gebraucht worden, sondern nur die Schraube, wodurch denn zwar freylich das Flüssige, oder vielmehr der Stämpel noch weiter hinunter gedruckt wurde, aber die große Kraft

nicht genau zu bestimmen war. Mehrere Versuche, welche theils Herr Abich blos nur alleine, theils ich für mich nachmals vorgenommen habe, werden weiter unten vorkommen; jetzt werde ich nur die Verkürzung der Wassersäule, wie auch die Quantität, um welche das Flüssige, seinem Raume nach, cubisch verloren zu haben scheint, zu bestimmen suchen.

Die Länge der Säule des Flüssigen αn ist = 16 Zoll, 3 Linien, 9 Scrupel, oder 12tel Linnie = 2349 Scrupel.

Bey dem ersten Versuch, nämlich mit Brunnenwasser, war durch das Gewicht α die Verkürzung

Zoll L. Scr. Zoll L. Scr.

$= 1 + 8 + 6 - 1 + 5 + 3 = 39$ also

$\frac{39}{2349} = \frac{13}{783} = \frac{1}{6026} = 0{,}01660.$ Auf die Weise sind die folgenden Rechnungen gleichfalls geführt.

Durch das Gewicht β ward die Wassersäule verkürzt um $= \frac{75}{2349} = \frac{1}{31{,}32} = 0{,}03192$

„ „ „ $\gamma = \frac{107}{2349} = \frac{1}{21{,}953} = 0{,}04597$

„ „ „ $\delta = \frac{126}{2349} = \frac{42}{783} = \frac{1}{18{,}16} = 0{,}0538$

„ „ „ $\varepsilon = \frac{142}{2349} = \frac{1}{16{,}54} = 0{,}0604$

„ „ „ $\eta = \frac{170}{2349} = \frac{1}{13{,}8} = 0{,}0723$

Zweyter Versuch mit gekochtem Wasser.

Durch das Gewicht $\alpha = \frac{36}{2349} = \frac{1}{65,25} = 0,01532$

„ „ $\beta = \frac{69}{2349} = \frac{1}{34,04} = 0,02937$

„ „ $\gamma = \frac{101}{2349} = \frac{1}{23,257} = 0,04172$

„ „ $\delta = \frac{131}{2349} = \frac{1}{17,932} = 0,05619$

„ „ $\varepsilon = \frac{156}{2349} = \frac{1}{15,005} = 0,06687$

Dritter Versuch mit saturirtem Salzwasser.

Durch das Gewicht $\alpha = \frac{54}{2349} = \frac{1}{43,5} = 0,023414$

„ „ $\beta = \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

„ „ $\gamma = \frac{114}{2349} = \frac{1}{20,605} = 0,04853$

„ „ $\delta = \frac{136}{2349} = \frac{1}{17,272} = 0,05832$

„ „ $\varepsilon = \frac{149}{2349} = \frac{1}{15,765} = 0,06343$

„ „ $\zeta = \frac{180}{2349} = \frac{1}{1305} = 0,07662$

„ „ $\vartheta = \frac{214}{2349} = \frac{1}{10,976} = 0,091102$

Vierter Versuch mit Milch.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{26}{2349} = \frac{1}{90,34} = 0,01106$

» » $\beta = \frac{58}{2349} = \frac{1}{40,5} = 0,02469$

» » $\gamma = \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

» » $\delta = \frac{119}{2349} = \frac{1}{19,73} = 0,050659$

» » $\epsilon = \frac{134}{2349} = \frac{1}{1752} = 0,05704$

» » $\zeta = \frac{167}{2349} = \frac{1}{14,06} = 0,07109$

» » $\eta = \frac{190}{2349} = \frac{1}{1236} = 0,08088$

Fünfter Versuch mit Branntewein.

Durch das Ge-

wicht $\alpha = \frac{25}{2349} = \frac{1}{93,96} = 0,010642$

» » $\beta = \frac{46}{2349} = \frac{1}{51,06} = 0,01958$

» » $\gamma = \frac{74}{2349} = \frac{3}{31,74} = 0,031502$

» » $\delta = \frac{101}{2349} = \frac{1}{23,25} = 0,04299$

» » $\epsilon = \frac{132}{2349} = \frac{1}{17,79} = 0,056194$

Durch das Gewicht $\zeta = \frac{152}{2349} = \frac{1}{15,52} = 0,064708$

. . $\vartheta = \frac{204}{2349} = \frac{1}{11,51} = 0,08684$

Um die Quantität der Zusammendrückung, oder des Heruntertretens des Stämpels cubisch zu bestimmen, sind zwey Wege gewählt worden. Einmal wurde eine blecherne Form, darin der Stämpel genau paßte, jederzeit so weit voll Wasser gegossen, als für jedesmaligen Stämpelstand der Stämpel hinuntergetreten war; und diese Wassermasse wurde nachmals in ein Maaß, welches genau einen hiesigen Cubiczoll ausmachte, geschüttet. Ein andermal aber verfuhren wir so, daß wir in ein mit Wasser genau angefülltes Gefäß den Stämpel für jeden Stämpelstand eintauchten, dadurch lief also so viel Wasser aus dem Gefäß, als der Theil des eingetauchten Stämpels betrug. Dies übergelaufene Wasser wurde in den blechernen hohlen Cubiczoll, oder in den cubischen Raum gegossen, und darnach die Quantität bestimmt. Beyde Methoden haben die Unbequemlichkeiten, daß leicht einige Tropfen verloren gehen, oder eigentlich ungemessen bleiben, so, daß man die kleinsten Theile hier nicht genau genug schätzen konnte. Diese Messungen gaben folgende Resultate.

Beym Brunnenwasser betrug das Maaß, um wie viel der Stämpel jedesmal hinunter getreten war,

für den Druck $\alpha = \frac{3}{16} = \frac{1}{5,333} = 0,1875$ Cubz.

. . . . . $\beta = \frac{3}{8} = \frac{1}{2,666} = 0,375$.

für den Druck $\gamma = \frac{9}{16} = \frac{1}{1,777} = 0,562$

„ „ „ „ $\delta = \frac{12}{16} = \frac{1}{1,333} = 0,75$

„ „ „ „ $\vartheta = 1$ Cubiczoll.

Wurde, vermöge der Schraube und Kurbel, die stärkste Verminderung des Raums zuwege gebracht, so betrug dies $1\frac{1}{8}$ Cubiczoll. Hieraus läßt sich die Verkürzung des Raums cubisch auf folgende Art berechnen. Der ganze Wasserraum hält

$26\frac{3}{4} = 26,75$ Cubiczoll; nun beträgt die Zusammendrückung bey α $\frac{3}{16} = 0,1875$

also beträgt diese Verminderung des ganzen Raums

$$\frac{26,75}{0,1875}; \quad \begin{aligned} \log.26,75 &= 1,4273238 \\ \log.0,1875 &= -1,2730013 \\ & \overline{2,1543225} = \log.142,66 \end{aligned}$$

daher diese Verminderung $= \frac{1}{142,66}$

für β, betrug das Hinuntertreten des Stämpels $= \frac{3}{8} = 0,375$ Cubiczoll;

also $\frac{26,75}{0,375}$; oder l. 26,75 — l. 0,375 = l. 89,804;

daher die Verminderung des Raums für den Druck

$\beta = \frac{1}{89,804}$ Auf die Art findet man folgende Werthe für die jedesmalige Verminderung des Raums bey dem Brunnenwasser

für $\alpha = \frac{1}{142,66}$

„ $\beta = \frac{1}{89,804}$

für $\gamma = \frac{1}{47,55}$

$\delta = \frac{1}{35,667}$

$\vartheta = \frac{1}{26}$

Die stärkste Verkürzung vermöge der Schraube und Kurbel, welche $1\frac{1}{8} = 1,125$ Cubiczoll betrug; giebt für die Verminderung des Raums $\frac{1}{23,777}$ oder beynahe $\frac{1}{24}$ des ganzen Raums.

Nähme man dies als wirkliche Zusammendrückungen des Flüssigen an, so wären die Dichtigkeiten des Wassers vor und nach der Zusammendrückung für den letzten Fall = 23:24 = 1,000:1,0433. Für den Druck ϑ war die Zusammendrückung $\frac{1}{26}$; also die für diesen Fall die Dichtigkeiten vor und nach der Znsammenpressung = 25 : 26 = 1,00 : 1,04. Mußchenbroek [a]) setzt die Dichtigkeit des Brunnenwassers zu der des Seewassers = 0,999 : 1,030 = 1:1,0310; also war das Brunnenwasser durch den Druck ϑ dichter geworden, als Seewasser. Ferner Brunnenwasser:

= 0,999:1,039 = 1,000:1,04

Brunnenwasser: Menschenblut = 0,999:1,040 = 1000:1,041. Durch den stärksten Druck, mit der Schraube, wurde also das Brunnenwasser dichter, als diese beyden angeführten flüssigen Massen.

a) Introduct. in Philos. natur. T, 2. p. 558.

Vergleicht man die jedesmaligen Zusammendrückungen der verschiedenen flüssigen Massen, womit hier Versuche angestellet sind, mit ihren specifischen Schweren oder Dichtigkeiten unter einander; so ergäbe sich folgendes.

Durch den Druck α sind zusammengedruckt ihrem Raume nach in Cubiczollen

Brunnenwasser um	Saturirtes Salzwasser	Milch	Branntewein
$\frac{1}{142,66}$	$\frac{1}{103,45}$	$\frac{1}{215,21}$	$\frac{1}{224,76}$
Durch den Druck δ			
$\frac{1}{35,667}$	$\frac{1}{33,909}$	$\frac{1}{38,695}$	$\frac{1}{45,664}$
Die specifischen Gewichte dieser flüssigen Körper sind			
0,999	1,2047	1,030	0,9855

Ich habe nur für die Gewichte α und δ diese Vergleichungen hier beygebracht, weil diese beyde bey allen Versuchen gebraucht sind, dahingegen aus Uebereilung derer, die die schweren Gewichte anhiengen, einigen der andern bey andern Versuchen überschlagen wurden. Diese Vergleichungstabelle zeigt deutlich, daß die Zusammendrückungen sich nicht umgekehrt verhalten, wie ihre specifischen Schweren. Branntewein ist das leichteste dieser flüssigen Massen, und wurde am mindesten zusammengedruckt.

Wie sehr hat dann de Lanis geirret, daß er es für ausgemacht annahm, daß die verschiedenen flüssigen Massen, je nach ihrer specifischen Schwere der

Compression widerstünden a)! Dato aquae et aeris pondere, potest saltem proxime determinari, quanta vis requiratur ad determinatam compressionem ipsius aquae, heißt einer seiner hiehergehörigen Sätze. Er hat sogar durch diesen Vergleich berechnet, daß eine Wassersäule von 22330 Fuß, das unter ihr liegende Wasser, um die Hälfte zusammendrücke. Aber schon die Natur der festen Körper läßt uns mit Recht vermuthen, daß, so wie es möglich und wirklich ist, daß Elfenbein oder Stahl, obgleich sehr fest, mehr Elasticität hat, und also in dem Augenblick, da es diese Eigenschaft äußert, mehr nachgiebt, als viele andere harte, minder schwere Körper; so kann gewiß auch auf der andern Seite dies bey den verschiedenen flüssigen Massen statt finden. Merkwürdig bleibt es mir indessen, daß gerade das specifisch leichteste Flüssige, der Branntwein, am stärksten widerstand. Und zwar dies noch deswegen mehr, weil Herr Canton den Weingeist um $\frac{26}{1000000}$ stärker compressibel angiebt, als das Wasser.

Herr Canton spricht außerdem vom Weingeist, und bey unsern Versuchen vom Branntewein die Rede, welches denn freylich wohl einigen Unterschied machen könnte. Ueberdem daß ich aber den Leser ersuche, die Zweifel, deren ich oben bey Herr Cantons Versuchen gedacht habe, nachzusehen, so lassen sich seine Versuche mit den unsrigen nicht leicht vergleichen.

Verhielten sich jedesmal die Zusammendrücknngen wie die aufliegenden oder druckenden Gewichte, dann fände dies eher statt; allein man gehe nur die Tabelle der Stämpelstände oder Stämpelhöhen etwas genau durch, und ich habe sie mit Fleiß zu dieser An-

a) Magist. Art. et Nat. T. 2. p. 179 u. f.

wendung so umständlich beygebracht, dann wird man selbst ohne weitere Berechnung der Zusammendrückung überzeugt, wie weit das Verhältniß der Zusammendrückung von dem der druckenden Gewichte verschieden sey. Also läßt sich gar nicht aus diesen Versuchen schließen, um wie viel unsere Wassersäule durch das kleine Gewicht der Atmosphäre würde zusammengedruckt worden seyn. Ich sage, durch das kleine Gewicht der Atmosphäre, nämlich verhältnißmäßig klein, selbst gegen den Druck von α, oder des bloßen Hebels. Denn da der Durchmesser der Wassersäule, worauf die Atmosphäre drucken kann, nur 9,166 Linien = 0,764 Zoll, und also die Fläche = 0,46 Qu. Zoll beträgt, so macht der Druck einer Wassersäule von 30 Fuß Höhe und 0,46 Grundfläche, oder einer Wassersäule von 165,6 Cubiczoll Wasser noch nicht 8 Pfund; wenn ich auch selbst den Cubicfuß Wasser etwas über 79 Pfund annähme. Denn dies giebt folgende Rechnung für die specifische Schwere des hier gebrauchten Wassers in Braunschweigische Pfunde, nämlich $12\frac{1}{2}$ Unzen $= \frac{12,5}{16}$ Pfund $=$ $26,\frac{3}{4} = 26,75$ Cubiczoll; also $\frac{12,5}{16.26,75} = 1$ Cubiczoll $= \frac{1}{1728}$ Cubicfuß; daher 1 Cubicfuß Wasser $= \frac{12,5.1728}{16.26,75} = \frac{12,108}{26,75} = 79,98$ Braunschweigisch Pfund.

Der eben angegebene geringe Druck der Atmosphäre auf das Wasser unserer Maschine, konnte unmöglich den Stämpel auch nur im mindesten bewegen oder hinunterdrucken, selbst wenn es möglich gewesen

wäre, das Reiben des Stämpels gegen das Innere des Stiefels völlig zu heben. Wenigstens ergeben die oben beygebrachten Stämpelstände, daß ein sehr geringer Druck eine unmeßbare Veränderung der Stämpelhöhe hervorgebracht hätte.

Zweifel gegen das Zusammendrücken des Flüssigen durch die Abichsche Maschine.

Wie, wenn aber das Hinuntertreten des Stämpels sich auf irgend eine andere Art, als durch die wirkliche Zusammenpressung des Flüssigen, erklären ließe? Dies muß einem jeden einfallen, der nur irgend weiß, wie schwer es ist, die Ursache einer physischen Erscheinung einzusehen, und wie mannichfaltig und scheinbar sich ein und eben dasselbe Phänomen aus mehrern oft ganz entgegengesetzten Ursachen herleiten läßt.

Es ließen sich, dünkt mich, die Haupteinwürfe hier etwa auf folgendes bringen.

1) Höhlen in dem Metalle oder Wänden des Messings,
2) Zusammendrucken der Leder am Stämpel,
3) Nachgeben, oder Ausdehnen des Cylinders selbst,
4) Luft in den flüssigen Körpern und in der Maschine selbst.

Könnten also erstlich sich nicht etwa in dem dicken Metalle Höhlen, Oeffnungen, die vor dem Druck durch metallene Wände verschlossen waren, finden; der Druck zersprengt diese Wände, oder im Falle diese Höhlen nur durch äußerst enge Oeffnungen offen ste-

hen, so drängt er diese Oeffnungen aus einander, das Wasser tritt hinein, und um so viel tritt der Stämpel hinunter. Gesetzt, es wäre dieser Fall wirklich; gesetzt, es dränget der Druck das Wasser in diese Oeffnungen; gesetzt, sie seyn luftleer und nähmen das Wasser willig an, der Stämpel geht also um so viel nieder, als die Quantität des in diese Oeffnungen gedrängten Wassers beträgt. Der Versuch wird geendiget, und nun sogleich das wieder herausgegossene Flüssige von eben der Quantität befunden (bis auf einige Tropfen, die am Instrumente hangen blieben), als das Eingegossene war. An einem jeden glatten Metalle bleiben Wassertheilchen hangen, wie vielmehr in diesen kleinen nur durch den Druck zuwege gebrachten Oeffnungen! Hier wäre unfehlbar eine beträchtliche Quantität Wasser im Stiefel, oder vielmehr in den Wänden des Stiefels zurückgeblieben. Aber noch mehr; wann auch alles beym Herausgießen wieder herausfloß, welches doch niemand leicht zugeben kann, so wären also bey den auf den ersten nun folgenden Versuchen diese kleinen Oeffnungen offen; es drang also das Wasser von selbst hinein, und mußte daher mehr Flüssiges zum Anfüllen des Stiefels beym zweyten, als beym ersten Versuch erfordert werden. Dies war aber nicht so. Setzte man aber, daß in den Hohlungen des Metalls Wasser zurückblieb, wie ohnstreitig geschehen seyn würde, wann die erste Voraussetzung angenommen wurde; dann müßte das Flüssige des nächstfolgenden Versuchs entweder dieses Wasser in diesen Höhlen zusammenpressen, oder selbst zusammengedruckt werden, oder endlich noch mehr neue Oeffnungen in dem Metalle machen, in andere Höhlungen des Metalls eindringen. Wo bliebe dann die Möglichkeit des Hinuntertretens für den dritten

Versuch? endlich müßte der minirte Cylinder zersprengt werden. Dies that er doch nach bis jetzt angestellten funfzig und mehrern Versuchen nicht. Die sogleich bey Endigung jedes Versuchs richtig wieder erhaltene Masse des Flüssigen; die zu den folgenden Versuchen nicht größer nöthige Quantität des Flüssigen; der glückliche Fortgang der nächstfolgenden Versuche, endlich das Nichtzerspringen des Cylinders bey so häufigen Versuchen, scheinen also hinreichende Ursachen, diesen ersten Einwurf für ungültig anzusehen.

Der zweyte Einwurf, das Zusammendrücken der Leder um den Stämpel, ist von keiner großen Erheblichkeit. Einmal ist der Stämpel selbst durchgehends von Eisen, und die Leder (wie es auch die zweyte Fig. der 2ten Taf. zeigt) betragen einen so geringen Theil, daß, im Fall sie selbst beym Druck vernichtet werden könnten, ihr Zusammendrücken $\frac{2}{8}$ Cubiczoll betragen. Wäre aber dieses Zusammentreten nur irgend beträchtlich, so könnten sie doch nicht so elastisch seyn, daß sie genau beständig beym Herausziehen des Stämpels denselben Raum wieder einnahmen. Dann ist aber dieses Zusammendrängen der Leder deswegen nicht möglich, weil die eisernen Schrauben α und β ihnen diese Verkürzungen ganz und gar verbieten. Würden sie aber seitwärts in einander gedrängt, so spränge das Flüssige neben dem sodann nicht mehr genau schließenden Stämpel heraus. Diesen Fall wird auch wohl niemand annehmen.

Der dritte Zweifel schien wirklich beträchtlich. Die große Gewalt, das daher rührende heftige Drucken des Flüssigen gegen die Seitenwände des Cylinders, unsere Unkenntniß, wie sich das Metall dabey

verhält; hießen mich also diesen Einwurf genauer untersuchen. Es war dabey möglich, daß die Gewalt des Reibens etwa eine Wärme im Cylinder erzeugte. Ich versah mich also mit einer sehr empfindlichen Thermometerröhre; der Cylinder wurde mit Wasser angefüllt, das durch Eis so weit erkältet worden, daß das Thermometer nur $6\frac{1}{2}$ Fahrenheitischen Grad über dem Frierpunkte stand. Es wurde äußerlich an verschiedenen Orten um den messingenen Cylinder geglüheter Draht sehr genau angelegt, so, daß man Gewalt brauchen mußte, ihn an den Cylinder zu rücken. Der Stämpel wurde nun hinunter getrieben, so weit, daß sein Hinuntertreten $\frac{1}{26}$ des Raums ausmachte. Nachdem der Stämpel wieder hinauf gelassen, fand sich, daß der geglühete Draht um den Cylinder eben so genau schloß, als vor dem Versuch. Geglüheter Messingdraht giebt nach, ist nicht sehr spröde, auch nicht elastisch. Wäre daher der Cylinder durch das Hineinpressen des Stämpels im mindesten erweitert, und hätte sich nach geendigter Operation wieder zusammengezogen, so wäre der nicht elastische Draht weiter, als der Cylinder geworden; er hätte sich um den Cylinder nachher leicht hin und her schieben lassen. Ueberdem hatten wir vor dem Versuch und während der Operation den Umkreis des Cylinders genau gemessen, und fanden ihn jedesmal gleich groß, nämlich $10\frac{1}{4}$ Zoll Rheinländisches Maaß. Augenblicklich nach dem Versuch wandten wir das Instrument um, und steckten das Thermometer in das untersuchte Wasser. Ich hatte es während dem Versuch selbst im kalten Wasser auf $6\frac{1}{2}$ Grad über den Frierpunkt, oder auf $38\frac{1}{2}$ Grad erhalten. Als es jetzt in den Stiefel gesenkt

wurde, fand ich, daß es nur um 1 Grad gestiegen war. Es stieg aber freylich schon beym Herausziehen, weil es sehr empfindlich war, auch war das Wasser der Pumpe nicht völlig so kalt, als das, worin wir Eis gelegt hatten. Ueberdem sieht man, daß der eine Grad Unterschied hier völlig unbeträchtlich ist; denn wenn sich bey den Versuchen eine beträchtliche Wärme erzeigen sollte, die zur Ausdehnung des dicken Metalls beytragen können, so sind ein, oder auch ein Paar Fahrenheitische Grade gewiß völlig unbedeutend.

Um indessen diesen Einwurf der Ausdehnung des Cylinders noch genauer untersuchen zu können, entschloß ich mich, folgende genauere Vorrichtung dazu zu erwählen. Um den messingenen Cylinder wurde zwischen den Armen *PQ* und *WX* (1te und 2te Fig. 2te Taf.) ein hohler Cylinder von starkem Blech von 13 Zoll, 5 Linien Höhe, und 5 Zoll, 6 Linien Durchmesser herum gelötet. Aus ihm trat an der einen Seite eine kleine blecherne Röhre hervor; in dieser war eine Glasröhre eingekittet, deren innere Weite oder Höhlung $\frac{3}{4}$ Linien im Durchmesser hielt. Durch eine Oeffnung oben im Cylinder wurde er mit Wasser gefüllt. Nachdem diese Einrichtung fertig, reinigte ich unter der Luftpumpe Wasser, welches durch Eis bis zum 36 Grade erkältet war, so sehr es mir möglich, von Luft. Mit diesem luftleeren, kalten Wasser wurde die Maschine, nämlich, der innere messingene Cylinder, wie gewöhnlich, gefüllt, darauf ließ ich den äußern um die Maschine liegenden blechernen Cylinder gleichfalls füllen, und die Oeffnung genau verschließen. Ein um die daraus gehende gläserne Röhre gelegter Faden bezeichnete genau die Höhe des

Wassers in der äußern Cylinderglasröhre. Da wegen diesen äußern Cylinder die Maschine nicht mehr in den hölzernen Kreuzfuß paßte, so wurde sie beym Versuch von zwey Leuten in perpendiculairer Richtung gehalten. Der Stämpel stand, wie gewöhnlich, vor den Versuchen bis an die Stange NO,

	Zoll	Lin.	Scr.
nämlich auf	1	8	6
er wurde sodann vermöge der Schraube und Kurbel hinein getrieben, erstlich bis	1	2	3
nach und nach bis	-	11	7

Diese Stämpelhöhen geben, wie man oben nachsehen kann, für den hinzugekommenen oder hineingetretenen Theil des Stämpels, $\frac{3}{8}$ und $\frac{9}{16}$ Cubiczoll; und daher $\frac{1}{142{\cdot}66}$ und $\frac{1}{90}$ des ganzen Raums für die Zusammendruckung. Allein, das Wasser stieg nicht im mindesten in der Glasröhre. Es wurde nun mit dem Hineinpressen fortgefahren, so, daß der Stämpel auf 0 Zoll — 10 Linien — kam; dies gab also $\frac{3}{4}$ Cubiczoll für den hineingetriebenen Stämpel; nun stieg das Wasser beym Hineinschrauben 3 Linien über den Faden; man hielt etwas mit dem Hineinschrauben inne, und das Wasser fiel sogleich wieder bis auf die Höhe des Fadens zurück. Der Stämpel wurde noch tiefer hinuntergeschroben, und das Wasser stieg wieder drey Linien über den Faden; hielt man inne, so fiel es bis auf den Faden zurück. Kurzsichtigkeit, oder voreiliges Urtheil hätte uns leicht verführt, dies Steigen des Wassers in der Glasröhre von der Ausdehnung des innern messingenen Cylinders herzuleiten.

Allein, erstlich fiel ja das Wasser bey dem Innehalten wieder bis zu der ersten Höhe, da doch während dem Innehalten der Stämpel nicht wieder in die Höhe treten konnte, und also, wenn wirklich eine Ausdehnung der Maschine statt gehabt hätte, die Ausdehnung fortdauerte. Diese einzige Antwort wäre schon hinreichend; aber ferner stieg das Wasser ja bey den ersten mindern Zusammendrückungen gar nicht, da doch diese Zusammendrückungen schon sehr beträchtlich waren. Endlich gesetzt, man wollte dies Steigen in der Glasröhre vom Ausdehnen des Cylinders herleiten, so müßte natürlicher Weise der Cylinder sich verhältnißmäßig um so viel ausdehnen, als der hinzugekommene Theil des Stämpels betrug. Dies beträgt bey dem Hineintreiben bis auf 10 Linien Stämpelhöhe, $\frac{3}{4} = 0{,}75$ Cubiczoll. Hätte sich nun der Cylinder um so viel, oder nur um beynahe so viel ausgedehnt, so mußte augenscheinlich das Wasser in der Glasröhre nicht etwa 3 Linien, sondern viele Fuß hoch steigen. Dies ergiebt sich aus folgendem. Die Glasröhre hatte 0,75 Linien innern Durchmesser, also betrug eine Wassersäule von 3 Linien Höhe, deren Grundfläche dem angezeigten Durchmesser zufolge 0,44745 Quadratlinien hielt, nur 1,344 Cubiclinien. Nun sind aber $\frac{3}{4}$ Cubiczoll = 1372 Cubiclinien, also verhielt sich die kleine Wassersäule über den Faden, zu dem Theil des hineingetretenen Stämpels, = 1,344 : 1372; oder wenn man dieses Steigen des Wassers als Ausdehnung des Cylinders ansähe,

so betrüge diese nur $\frac{1{,}344}{1372} = 0{,}0009 = \frac{1}{1208}$

von der Quantität, um die er sich durch den hinzugekommenen Theil des Stämpels hätte ausdehnen müs-

sen. Also war dieses Steigen, oder diese kleine Wassersäule unmöglich der Werth der Ausdehnung des Cylinders. Es wäre leicht, diese Rechnung fortzusetzen, und anzuzeigen, wie hoch, oder um wie viel Fuß das Wasser in der Glasröhre hätte steigen müssen, wenn sie dem Werth des Stämpeltheils hätte gleich seyn sollen; aber ich halte selbst die beygebrachten Rechnungen schon für überflüssig, da, wie ich oben erwähnte, der Einwurf schon dadurch gehoben wird, daß das Wasser beym Innehalten des Schraubens wieder bis zum Faden fiel. Woher rührte denn aber dies Steigen in der Glasröhre? Von keiner andern Ursache, als von dem Schwanken des Wassers in dem äußern Blechcylinder. Nämlich, da die Maschine nicht so feste gehalten werden konnte, daß die Gewalt und der daher rührende starke Stoß oder Ruck, welcher bey den höheren Graden der Zusammenpressung angewandt wurde, die Schraube umzudrehen, nicht eine Bewegung im Wasser des umgebenden Cylinders hervorgebracht hätte, so mußte natürlicher Weise diese Erschütterung oder dies Schwanken sich durch ein Hinauftreten in der Glasröhre zeigen. Da diese aber so enge war, so konnte dieses Schwanken keine beträchtliche Veränderung verursachen, und ich bin daher gewiß, daß es noch höher würde gestiegen seyn, wäre die Röhre weiter gewesen. Eben deswegen stieg es auch ganz und gar nicht bey den mindern Zusammendrückungen, denn da war eine geringere Kraft zu dem Umdrehen der Schraube nöthig; die Maschine und das in ihr befindliche Wasser wurde weniger erschüttert. Eben deswegen aber fiel es auch sogleich wieder, sobald man die Maschine einige Augenblick in Ruhe ließ, ohne den Stämpel zurück zu ziehen.

So wäre es also gewiß, daß der Cylinder sich nicht merklich ausgedehnet hatte; dies ließ sich auch schon bey dem so sehr dicken Metalle vermuthen; überdem ist die Frage, ob, im Fall eine beträchtliche, dem Hinuntertreten des Stämpels proportionirliche Ausdehnung statt gefunden hätte, ob sodann noch der Stämpel genau genug würde gepaßt haben? Denn obgleich ohnstreitig der mittlere Theil der Pumpe oder des Stiefels am meisten nachgegeben hätte, so war dies doch nicht wohl ohne einer geringen Veränderung der obern Theile der Maschine möglich, wodurch dann leicht die Höhlung, darin der Stämpel lief, selbst etwas litte; die mindeste Veränderung gab dem Wasser bey der großen Gewalt Gelegenheit, heraus zu sprützen.

Die wichtigste Frage ist aber noch zurück; nämlich, rührt diese Zusammendrückung nicht etwa von der in dem Flüssigen und in der Pumpe selbst enthaltenen Luft her? Ich will dies gleich genauer aus einander setzen, nur merke ich vorerst hiebey an; daß man dann durch diese Frage selbst eine Zusammendrückung zugiebt. Einen Körper zusammendrucken heißt, seine Theile einander näher bringen; es geschehe dies nun entweder dadurch, daß sich die Theile als elastische Körper selbst zusammendrücken, oder daß ich fremde zwischen den Elementartheilen des Körpers liegende Körper heraustreibe; oder daß diese fremde Materie selbst elastisch ist, und zusammengedruckt wird, wodurch dann die Theile des Körpers sich näher kommen. Da wohl kein Körper ist, welcher nicht fremdartige Materie, z. B. Luft, oder auch Aether in sich enthält, so setzt dies für jeden Körper eine Möglichkeit der Compression zum Grunde. So dru-

cke ich Kork, Schwamm, Wolle zusammen, es geschehe dies auf irgend eine der angezeigten Arten. Die ältern Physiker hielten sich hiebey sehr lange auf, da dies aber bloße Speculation oder Hypothese ist, so kann man beym de Lanis [a]), Gassendi [b]), Stair [c]) und anderen mehr darüber nachsehen. Ich sage nur, daß dieser Einwurf doch selbst eine Zusammendrückung zum Grunde setzt. Ja, wird man sagen, eine Zusammendrückung der Luft, und die kannten wir lange! aber keinesweges des Wassers. Aber eben dies Wasser mit Luft, warum wurde es dann von den Florentinern, bey Muſſchenbroeken, beym dü Hamel, und andern nicht sichtlich zusammengepreßt? weil die Instrumente, oder auch die Methoden nicht hinreichend waren, einen so starken Druck, als die Abichsche Maschine, hervor zu bringen. Gut; also leistete doch die Abichsche Maschine eine Zusammendrückung, die keine der vorigen geleistet hat; also lehrte sie doch etwas vorher nicht Geglaubtes. Das ist für mich genug, wenn ich nur lerne, ich komme doch vorwärts, es sey nach welcher Richtung es wolle. Aber nun genauer zur Beantwortung der Frage, hat nicht etwa bloß die Luft diese Zusammendrückung bewirkt? Die vorhin beygebrachten Versuche, besonders der letzte, zeigen, daß das von Luft gereinigte Wasser gleichfalls eben so stark konnte zusammengedruckt werden, als gewöhnliches Wasser. Ich wußte durch den Herrn Abich, daß er den Versuch in Helmstädt bey dem Herrn Hofrath Beireis gleichfalls mit

a) Magist. Art. et Nat. T. 2. a. a. O.

b) Gassendi Opp. T. 2.

c) de Stair Physiolog. nou. a. a. O.

luftleerem Wasser mit eben so glücklichem Erfolg angestellt hatte. Ob dies nun gleich die Möglichkeit der Zusammendrückung des luftleeren Wassers zeigt, so weiß man dennoch nicht, wie viel der Druck bey einer gleichen Compression hat stärker seyn müssen, als bey gewöhnlichem unausgepumpten Wasser. Wollte man sagen, daß bey dem Versuchen mit luftleerem Wasser das ausgepumpte Wasser jederzeit mußte aus dem Recipirten heraus genommen, also wieder der äußern Luft ausgesetzt werden, um es in den Cylinder zum Untersuchen zu schütten; so thut dies hiebey nicht viel. Nollet hat durch genaue Observation und eine eigene Verrichtung gezeigt, daß das von Luft gereinigte Wasser erst nach fünf bis sechs Tagen an der offnen Luft eben so viel Luft wieder einschluckt, oder einnimmt, als man ihr durch die Luftpumpe nahm [a]. Also konnte das Wasser, welches sogleich nach dem Auspumpen in die Maschine geschüttet ward, nur noch sehr wenig oder gar keine Luft wieder eingenommen haben. Aber das ist immer Schade, daß wir keine Gelegenheit gehabt haben, durch den Hebel genauer die Gewalt zu bestimmen, welche zu dem jedesmaligen Zusammenpressen oder Stämpelhöhen bey dem luftleeren Wasser nöthig war. Es scheint wahrscheinlich, daß dieser Druck oder Gewalt größer gewesen wäre, als bey dem unausgepumpten Wasser. Allein, dies wird sehr zweifelhaft, wenn man annimmt, daß gekochtes Wasser gleichfalls weniger Luft als ungekochtes enthält, und daher dem ausgepumpten Wasser ähnlich ist. Vergleicht man nämlich vermöge Stämpelhöhen die Zusammendrückung des ge-

a) Memoires de l'Acad. des Scien. de Paris Annee 1743. Amsterd. 1749. p. 297 u. f. Planch. 6.

kochten und ungekochten Wassers bey gleichen Gewichten; so ergiebt sich folgendes. Durch das Gewicht α wurde gewöhnliches Wasser zusammendruckt

um $\frac{1}{142,66}$

durch das Gewicht δ $\frac{1}{35,667}$

Gekochtes Wasser hingegen durch das Gewicht α um $\frac{1}{93,108}$

durch das Gewicht δ um $\frac{1}{34,14}$

also überhaupt stärker bey gleich starkem Druck; wie man auch schon aus den Stämpelständen sehen kann. Ich weiß, daß es unmöglich ist, durch Kochen, oder selbst durch Auspumpen unter den Recipienten Wasser ganz und gar von Luft zu reinigen; allein, man hätte doch verhältnißmäßig einen stärkern Widerstand vermuthen können, da sich hier gerade das Gegentheil zeigte. Bey den Untersuchungen der folgenden Flüssigkeiten, nämlich der Milch und des Branntenweins, scheint diese billige Vermuthung hingegen eher zuzutreffen. Musschenbroek[a]) sagt, daß Milch verhältnißmäßig gegen andere flüssige Körper wenig Luft enthalte; und Hales giebt dem Branntewein nur $\frac{1}{54}$ der Luft, welche im Wasser enthalten ist[b]). Beyde Flüssigkeiten zeigten bey unsern Versuchen einen ausserordentlichen Widerstand, und zwar Branntewein

a) Musschenbr. Introd. T. 2. p. 888.

b) Statical Essays London 1731. T. I. p. 181.

am stärksten. Durch das Gewicht α ist nämlich die Zusammendrückung oder Verdichtung des Brunnenwassers zu der der Milch $= 215,21 : 142,66$
durch das Gewicht δ $= 38,695 : 35,667$
Brunnenwasser zu Brannte-
wein durch α $= 224,76 : 142,66$
durch δ $= 45,664 : 35,667$

Indeß ist hier wieder die Frage, wissen wir, ob die Luft, je nachdem sie mit diesem oder jenem Flüssigen innigst verbunden ist, nicht an Elasticität bald ab, bald zunehme; oder, ist es nicht möglich, daß die verschiedene Natur der Elementartheilchen des Flüssigen die Elasticität der Luft modificire, verändere? Zudem kommt noch dies hiebey in Betracht, daß fast jeder flüssige Körper eine verschiedene Quantität fixer oder andere Art von künstlicher Luft enthält; da nun diese Luftarten allerdings die Elasticität der natürlichen verändern, so ist es vielleicht nicht unmöglich, daß man auch darauf Rücksicht nehmen müßte. Es wären daher noch Versuche mit Wasser zu machen übrig, welche mit verschiedenen Arten künstlicher Luft geschwängert wären.

Was die Luft anlangt, welche in dem Stiefel, nämlich in der Maschine selbst, ist und bleibt; so leugne ich diese ganz und gar nicht, ich sehe auch selbst kein bequemes Mittel, die Maschine selbst luftleer zu machen, und gebe also gerne zu, daß diese Luft bey der Zusammendruckung oder dem Hinuntertreten des Stämpels Einfluß haben mag. Allein, hiebey ist wieder zu bedenken, daß diese Luft des Stiefels, da sie doch bey den verschiedenen Flüssigkeiten der Quantität nach nicht sehr verschieden seyn kann, denn sie

besteht hauptsächlich in den an den Wänden des Stiefels und Stämpels hangenden Luftbläschen, so glaube ich nicht, daß man daraus die so sehr von einander unterschiedenen Grade der Zusammenpressung der verschiedenen Flüssigkeiten herleiten kann.

Merkwürdig bleibt mir das jedesmalige wieder in die Höhe Treten des Stämpels, nach abgenommenem Gewicht; man wird dies wieder der Luft zuschreiben, und es kann dies nicht unwahr seyn; aber einmal verhält sich diese Ausdehnung gar nicht, wie es die Gesetze der Elasticität der Luft bestimmen würden, nach welchen diese Ausdehnung viel größer seyn müßte, als sie hier wirklich war; ferner läßt sich im Ganzen nicht leugnen, daß das Wasser selbst einige Elasticität besitze, wie mir aus den anfänglichen allgemeinen Betrachtungen nicht unbillig zu folgen scheint. Daher bleibt mir immer das Recht übrig, sowohl einen Theil des Niedergehens, als des wieder in die Höhe Tretens des Stämpels der Elasticität des Wassers selbst anzurechnen. Aber auch dies war sonderbar genug, daß, nach Abnehmung der größten Gewichte, der Stämpel nicht völlig wieder so hoch trat, als er zu Anfange der Versuche stand. Wasser war nicht verloren gegangen, da beym Ausgießen, im genauesten Verstande, nur wenige Tropfen (die ohnstreitig im Stiefel hangen blieben) fehlten. War etwas Luft herausgepreßt? Dies scheint kaum möglich, da der Stämpel so genau schloß, daß bey den größten Gewichten vom Wasser nichts oben hinaussprützte. Hatte die Luft an Elasticität verloren? War ein Theil des vielleicht in der Luft enthaltenen Aethers, des allezeit fertigen Nothhelfers so vieler Physiker, entwischt? Mag es beantworten, wer kann, ich verstehe dies eben so

wenig, als ich überhaupt in der Naturlehre von irgend einem Phänomen die erste Ursache anzugeben versuchen werde, schäme mich aber dieser Unwissenheit ganz und gar nicht.

Indessen, ihm sey wie ihm wolle, so hat die Abichsche Maschine dennoch gezeigt, daß mit dem Wasser mehr anzufangen sey, als man bisher glaubte, und es ist also im Ganzen ein Schritt mehr gethan; denn wenn sie auch nur das lehrte, was ich eben berührte, nämlich, daß die Luft, so wie sie mit verschiedenen Arten der flüssigen Körper verknüpft ist, auch einen verschiedenen Grad von Elasticität erhält, daß ferner die Verdichtungen der Flüssigkeiten sich nicht umgekehrt wie ihre specifischen Schweren verhielten; läßt sie uns endlich mit Recht in Unbestimmtheit, ob nicht das Wasser selbst elastisch ist; so lernte ich wenigstens an viele Stücke zweifeln, die mir vorher weniger zu bezweifeln schienen. Mir und vielleicht einigen billigen Lesern ist also der Gedanke des Herrn Abichs immer einer vorzüglichen Aufmerksamkeit, einer besondern Achtung werth. Um diese Untersuchung mit einer solchen Maschine weiter treiben zu können, wünschte ich,

1) Daß ein dicker eiserner durchaus gleichweiter Cylinder dazu gewählt würde.
2) Daß die Vorrichtung mit dem Hebel bequemer und noch genauer eingerichtet würde.
3) Daß alsdenn mehrere Versuche mit luftleerem Wasser, wie auch mit Wasser, welches mit fixer Luft geschwängert wäre, vorgenommen würden.
4) Daß man auf eine Vorrichtung dächte, den Cylinder selbst luftleer zu machen.

5) Sollte es ganz unmöglich seyn, einen solchen Cylinder von sehr dickem Glase verfertigen zu lassen, der dabey dem starken Druck widerstünde?

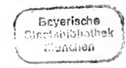
Wenn man die in dieser Abhandlung angezeigten Methoden, die Federkraft oder Compressibilität des Wassers zu untersuchen, übersieht, so sind augenscheinlich diejenigen die bequemsten, welche die einfachsten sind, und bey denen man den Druck am genauesten berechnen kann. Hieher gehören vornehmlich die Hambergersche Röhre und die Abichsche Druckpumpe. Die Hambergersche Röhre scheint mir hiezu ganz besonders bequem. Denn erstlich geht der Versuch in einer gläsernen durchsichtigen Röhre vor sich; ferner läßt sich das Gewicht nicht nur sehr ansehnlich machen, wenn man auch die obersten Theile der Röhre aus Metall verfertigte, sondern der Druck ist sehr leicht und genau zu berechnen, endlich ist die Bestimmung der Compression des Wassers an der Röhre durch Hülfe eines genauen Nonius zu einer beträchtlichen Genauigkeit zu bringen. Nähme man daher eine von Glase sehr dicke Röhre, welche eine Höhlung von sehr geringem Durchmesser hätte, die also dem Druck einer hohen Quecksilbersäule hinreichend widerstünde, so dächte ich, ließe sich hier immer etwas ausrichten.

Wann auch Hamberger diese Methode von ähnlichen Versuchen bey der Luft genommen hat, so hat er sie doch, so viel ich weiß, zuerst auf die Untersuchung des Wassers angewandt. Die Methoden, das

Wasser in Kugeln zusammen zu pressen, oder zu hämmern, haben aber, gesetzt selbst sie glückten, dies jederzeit gegen sich, daß man unmöglich die Quantität der Zusammendrückung genau bestimmen kann. Denn wenn man auch nicht zugäbe, daß einige Wassertheile ins Metall gedrungen wären, so wird dennoch die Veränderung der Kugel nur gering seyn, wenn sie anders nicht brechen soll, und diese geringe Veränderung wäre sehr schwer, genau geometrisch zu bestimmen. Der Florentinische Versuch, das Wasser durch die Kraft der Dünste zusammen zu drücken, ist sinnreich, aber wo kann man hier die Kraft der Dünste oder des Drucks genau angeben; übrigens ließe sich statt der untern Kugel (1ste Taf. 1ste Fig. C) wohl eine Röhre setzen, um die Compression bestimmter zu bemerken. Die Maschine des Abts Fontana kann ich nicht hinreichend beurtheilen, aber sie scheint mir sehr zusammengesetzt; und bey einem an sich schon so intricaten Versuch ist die Simplicität des Werkzeuges wesentlich. Könnte man also die Verbesserungen bey der Abichschen Maschine anbringen, deren ich oben gedacht habe, so blieben mir diese letztere und die Hambergersche Röhre immer die vorzüglichsten Werkzeuge zu diesen Untersuchungen.

Ich wage es, zuletzt einen Einfall beyzubringen, der vielleicht einem mechanischen Kopfe Gelegenheit zu einer Erfindung an die Hand geben könnte, wodurch sich dies Problem der Physiker genauer entscheiden ließe. Unmöglich scheint es mir nicht, daß die hier anzugebende Maschine, durch andere Hände umgearbeitet oder umgeschaffen, ihrer Existenz werth werden könnte.

Wenn das Wasser compressibel ist, so muß ohnstreitig eine Wassersäule von großer Höhe durch ihre



eigene Gewalt merklich zusammengedruckt werden, wie auch Canton dies bey Berechnung des durch die Atmosphäre comprimirten Meeres annimmt. Wäre es daher möglich, den Druck einer solchen Wassersäule von gegebener Grundfläche am Boden des Meeres wirklich zu finden, so ließe sich daraus die Höhe bestimmen, welche eine Wassersäule von durchaus gleich dichtem, nicht zusammengedrucktem Wasser haben müßte. Mäße man dabey die Höhe des Meeres durch ein Senkbley, so würde sich ergeben, ob diese Höhe mit der durch den Druck berechneten zuträfe; wäre die gemessene geringer, so wäre das Seewasser zusammengedruckt. Es gienge dies auch in großen Flüssen an. Auf diesem Gedanken beruht folgende Angabe.

ABCD (3te Taf. 6te Fig.) sey ein aus starkem Eisen oder Metall verfertigter hohler Cylinder. AEC ein dicker metallener Deckel, hier vielmehr Stämpel, passe so genau, als möglich, in den Cylinder; wie der Stämpel bey der Abichschen Maschine; ab, cd, ef, sind starke Stahlfedern, von denen man genau weiß, wie viel Gewicht, oder ein wie großer Druck, eine jede nieder zu drücken. Unter jeder dieser Federn befindet sich eine Art Weiser, der durch das Niedergehen der Feder hinunter gedruckt wird; die Feder trete nach dem Druck wieder zurück, nicht aber der Weiser. Die Federn sind, je nachdem sie dem Boden des Cylinders näher stehen, stärker, erfordern immer mehr Druck, niedergebogen zu werden. Der Deckel oder Stämpel erfordert noch eine besondere Einrichtung. Da er nämlich gegen den Boden gehen, und die Federn niederdrücken soll, so muß er vor jede Feder vorbey, um auf die folgende wirken zu

können. Da aber nur die mittlern und entfernten Theile der Federn b, d, f, ausweichen oder niedergebogen werden, hingegen der an dem Cylinder festgemachte Theil der Feder, nebst ihrem Weiser, ihm keinen Platz macht, so müßte der Stämpel so eingerichtet seyn, daß er in seiner Dicke, gegen die Seite A — des Cylinders, inwendig eine Höhlung, und darin eine Feder *p* hätte, vermöge der der Theil des Stämpels bey dem Vorbeygehen neben der Stahlfeder und Weiser des Cylinders, jedesmal könnte hinein gedruckt werden, und die Feder *p* des Stämpels gleich nachher diesen beweglichen Theil wieder herausdrückte, um ihm nichts von dem genauen Schließen zu benehmen. Man könnte den Cylinder selbst vorher, ehe er gebraucht werden sollte, luftleer machen. Hätte er keinen sehr großen Durchmesser, so würde die Atmosphäre die Friction des Stämpels nicht überwältigen, im entgegen gesetzten Fall aber würde er etwa bis zu der ersten Feder gehen, welche mit dem Reiben verbunden dem Drucke der Atmosphäre widerstehen würde. Nun würde der Cylinder ins Meer gesenkt; der Stämpel würde desto stärker gedruckt, je tiefer man ihn hinabließ; er drückte die Federn, diese verrückten den Weiser. Man mäße die Tiefe des Orts mit einem Senkbley, und nachdem man das Instrument wieder heraus gezogen hätte, zeigten die Weiser, die wievielste Stahlfeder niedergedruckt sey. Man weiß, wie viel Kraft erfordert wird, diese nieder zu beugen; durch die, vermöge des Senkbleyes, gefundene Tiefe berechnete man den Druck einer Wassersäule von der gefundenen Höhe, wenn das Wasser gleich dicht wäre. Durch Vergleichung der berechneten Höhe mit der wirklichen fände man, ob und wie viel an dieser Höhe fehlete, und dies wäre sodann die

Quantität, um welche das Wasser zusammengedrückt wäre.

So sähe ohngefähr dieser Einfall aus. Ich sehe selbst, daß die Ausführung des Instruments vielen Schwierigkeiten unterworfen ist, rathe auch daher nicht zur Ausführung, aber vielleicht giebt dieser Gedanke glücklichere Ideen an die Hand, auf ähnliche Art ein leichter zu bewerkstelligendes und belehrendes Instrument zu erfinden. Würde aber dadurch nur ein vorzüglicher Kopf aufmerksam gemacht, dieser Sache nachzuspüren, so schätzte ich mich glücklich, diesen bis jetzt unfruchtbaren Gedanken nicht vernachläßiget zu haben.

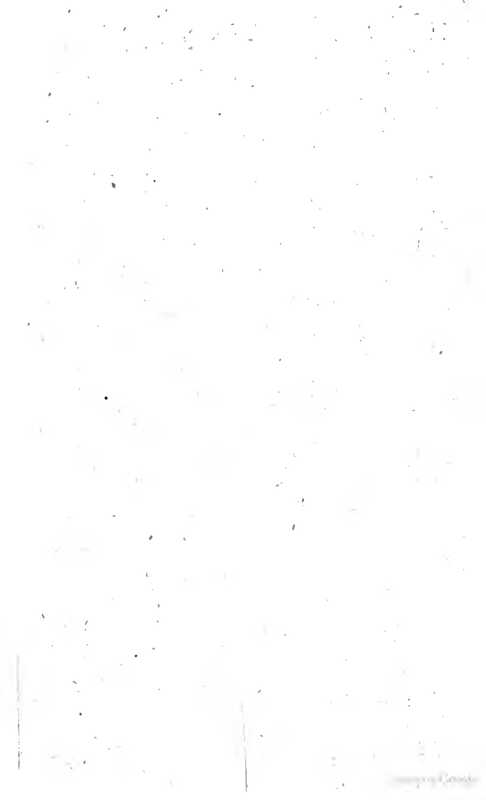
Druckfehler.

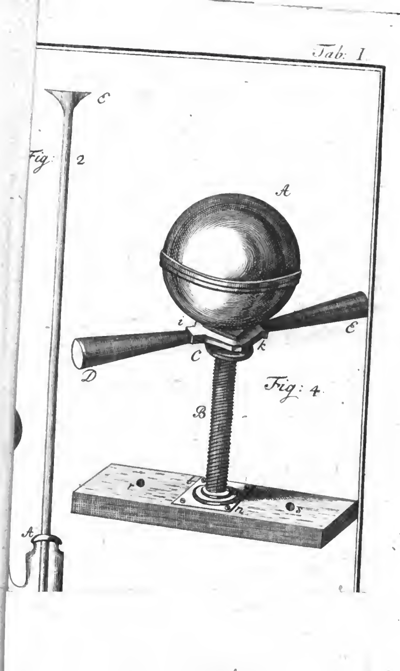
Seite XI. Zeile 3. statt sind lies sind.
„ XV. „ 13. statt Polonoscop lies Polemoscop.
In der Note statt Montecla lies Montucla.
„ XVI. „ 6 statt Galitai lies Galildi.
„ XIX. „ 3 statt gehörte lies gehörten.

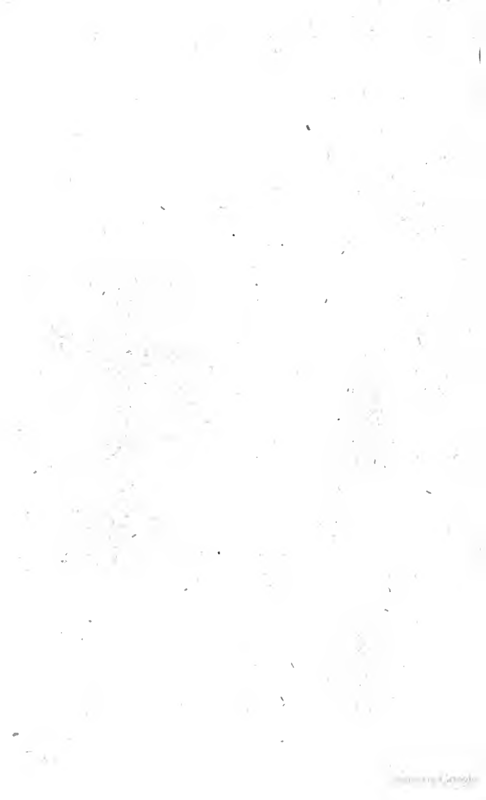
Seite 1. Zeile 1. statt Wem lies Wenn.
„ 3. „ 27. statt Chimiker lies Chymiker.
„ 10. „ 22. statt einem gleichen Maaße lies einer gleichen Masse.
„ 15. „ 1. statt in der Kälte lies der Kälte.
„ 8. statt Condensabilität lies Condensibilität.
„ 16. „ 15. statt diese Begriffe des Wassers lies diese Begriffe von der Härte des Wassers.
9. statt Resistanz lies Resistenz.
„ 17. „ 15. statt aus dem lies aus den.
„ 24. statt hiernoch lies hiernach.
„ 20. „ 19. statt sentorculari lies seu torculari.
„ 22. „ 16. statt der lies des.
„ 18. statt so folget wirklich daß, lies so folget daß.
„ 23. „ 2. statt schienen lies scheinen.
„ 7. statt Niemanden lies Niemand.
„ 24. „ 9. statt langnida lies languida.
„ 10. statt et nondum (Als lies et nondum quod scio ab aliquo scriptore ex alterutra parte determinatum. (Als.
„ 27. statt pastem lies partem.
„ 27. „ 15. statt diesen lies diesem.
„ 28. „ 6. statt ohne Wiederstand lies ohne Wiederstand blieb.
„ 18. statt kleinen lies kleineren.
„ 32. „ 21. statt geschriebener lies geschriebenen.
„ 30. statt Academiu lies Academia.
„ 33. „ 28. statt ad lies ed.
„ 29. statt libere lies libero.
„ 34. „ 2. statt del cannello si vada lies del cannello, quella piu aria che sia possibile. Anzi per meglio caricarnelo si vada.
„ 35. „ 4. statt suo lies sua.
„ 7. statt piointe lies piombo.
„ 9. statt sino lies fino.
„ 39. „ 27. statt vielleicht noch nicht lies vielleicht nicht.
„ 40. „ 11. statt verhalten lies verhält.
„ 23. statt incompressibel annimmt hervorgebracht würde. lies incompressibel annimmt.
„ 26. statt Er ist lies Es ist.
„ 27. statt Röhre A B lies Röhre A B 3te Taf. 5te Fig.

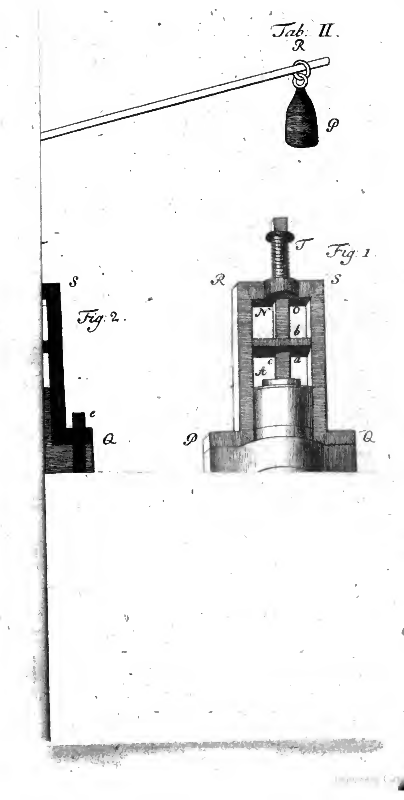
Seite 48 Zeile 6. statt diesem letzten Puncte lies diesen letzten Punct.
„ „ 10. statt Poros lies Poris.
„ 56. „ 3. statt $\frac{n.n-1}{2r} \cdot \frac{c = n.n-1}{r} \cdot \frac{1}{2}c$ lies $\frac{n.n-1}{2r} \cdot \frac{c = n.n-1}{r} - \frac{1}{2}c$
„ 57. „ 16. statt konnte dies derselbe seyn lies konnte dies derselbe Fall seyn.
„ 58. „ 23. statt Abischen lies Abichschen.
„ 63. „ 31. statt Länge der Wassersäule g lies Länge der Wassersäule G I
„ 64. „ 5. Schrauben u. β lies Schrauben α β
„ 65. „ 5. statt Zapfens 11 m lies Zapfens U m
„ „ 9. statt (Fig. 1 T.) lies Fig. 1. T. 11.)
letzte Zeile statt Hebe lies Hebel.
„ 66. „ 16. statt dies ist lies dieses Gewicht ist.
„ 67. „ 13. statt 2,7694771, lies 2,7694781.
„ 72. „ 2. statt blos nur alleine lies blos mit mir allein.
„ 74. 14. statt $\frac{3}{31,74}$ lies $\frac{1}{31,74}$.
„ 77. „ 19. statt Ferner Brunnenwasser lies Ferner Brunnenwasser: weißen Capwein.
„ 83. „ 18. statt Zusammendrucken $\frac{9}{8}$ Zoll betragen lies Zusammendrucken nie $\frac{9}{8}$ Zoll betragen konnte.
„ 84. „ 11. statt Cylinder zu rücken lies Cylinder hin und her zu rücken.
„ 85. „ 12. statt Einwurf der Ausdehnung lies Einwurf von der Ausdehnung.
„ 86. „ 1. statt Cylinderglasröhre lies Cylinder und Glasröhre.
„ „ 15. statt $\frac{1}{142.66}$ lies $\frac{1}{142,66}$
„ 93. „ 18. statt unmöglich lies unnöthig.

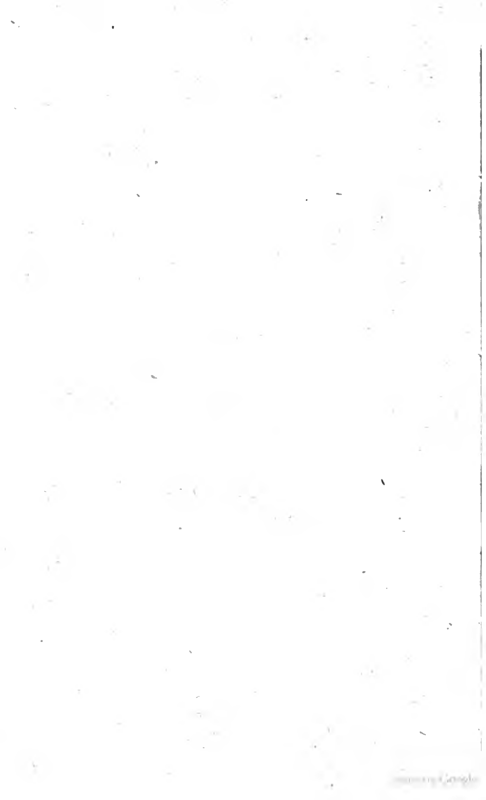


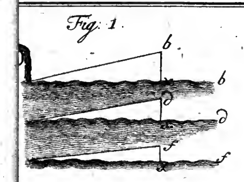


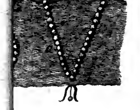

Tab: I
Fig: 2
Fig: 4.
A
B
C
D
E
i
k
n
r
s




Tab. II.
R
P
T
Fig. 1.
R
S
N
O
b
c
d
A
P
Q
S
Fig. 2.
e
Q







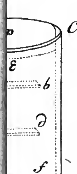


Fig: 6.



